ECON

Hans Michaelis (Hrsg.)

Existenzfrage: Energie

Die Antwort: Kernenergie

In Teheran, Karatschi und Caracas hat sich erneut gezeigt, welche Probleme sich auf mittlere und lange Sicht für die Energieversorgung der Welt und der Bundesrepublik Deutschland stellen. Sie kann nur sichergestellt werden, wenn neben verstärkten Einsparungen alle verfügbaren Energieträger genutzt werden.

Welche Rolle kann hierbei die Kernenergie spielen? Welches sind die energiewirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Bedingungen für ihren Einsatz? In welchem Umfang stehen Alternativen zur Verfügung?

Führende internationale Sachkenner haben auf einer Tagung des Deutschen Atomforums e. V. mit den hier zusammen gefaßten Referaten ein vollständiges Bild der gegenwärtigen Weltenergielage gezeichnet. Sie vermitteln einen umfassenden Überblick über die Energieprobleme in Gegenwart und Zukunft.

Das Buch gehört in die Hand eines jeden, der über die »Existenzfrage Energie“ mitsprechen will.

245 06682



Hans Michaelis
Existenzfrage: Energie

Hans Michaelis (Hrsg.)

Existenzfrage: Energie
Die Antwort: Kernenergie

Econon Verlag
Düsseldorf · Wien

Der Band gibt die Referate wieder, die anläßlich der Tagung des Deutschen Atomforums e.V. »Die Kernenergie vor dem Hintergrund der Weltenergielage« am 21. und 22. Januar 1980 in Mainz gehalten wurden.

1. Auflage 1980
Copyright © 1980 by Econ Verlag GmbH, Düsseldorf und Wien
Alle Rechte der Verbreitung, auch durch Film, Funk und Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Tonträger jeder Art, auszugsweisen Nachdruck oder Einspeicherung und Rückgewinnung in Datenverarbeitungsanlagen aller Art, sind vorbehalten.
Gesetzt aus der Times der Fa. Hell, Kiel
Satz: Dörlemann-Satz, Lemförde
Druck und Bindearbeiten: Ebner Ulm
Printed in Germany
ISBN 3 430 16682 9

Inhaltsverzeichnis

Einführung und Zusammenfassung

Hans Michaelis

Die vom Deutschen Atomforum e.V. veranstaltete Informationstagung, deren Referate im vorliegenden Band zusammengefaßt sind, stand unter dem Eindruck der Ereignisse von Teheran im November 1979, Caracas im Dezember 1979 und Kabul im Januar 1980. Die Tagung gab Gelegenheit zu einer umfassenden Inventur der Energieprobleme und erlaubte es, die Folgerungen herauszuarbeiten, die sich aus dieser Lage für die Kernenergie ergeben und ergeben müßten. Das Interesse überstieg alle Erwartungen der Veranstalter; registriert wurden mehr als 400 Teilnehmer – mehr als bei der vorangehenden Mainzer Veranstaltung.

Das Thema »Kernenergie vor dem Hintergrund der Weltenergielage« wurde in fünf Sitzungen abgehandelt. Die wichtigsten Ergebnisse sind die folgenden:

Hans K. Schneider stellt in einem umfassenden Einleitungsreport *die neuen Dimensionen des Weltenergieproblems* dar. Gestützt auf die Untersuchungsergebnisse des Workshop on Alternative Energy Strategies (WAES), der Conservation Commission der Weltenergiekonferenz (WEC), der neuen Studien der Mineralölgesellschaften und der »Weltkohlestudie« kommt Schneider zu sechs Feststellungen:

1. Mit steigendem Weltprodukt wird auch der Energiebedarf der Welt weiter steigen.
2. Wahrscheinlich wird das Weltölangebot im Trend annähernd konstant bleiben.
3. Weltweit wird der Versorgungsanteil der regenerierbaren Energieträger von gegenwärtig 5% bis 2000 auf allenfalls 10% ansteigen.
4. Der Anteil des Naturgases wird bei 15% liegen.
5. Die Weltkohleförderung mag sich bis 2000 verdoppeln,

dies wirft aber zahlreiche schwer zu lösende Probleme (Förderung, Transport, Umwelt) auf.

6. Bei dieser Lage gibt es keine Lösung der energiewirtschaftlichen Versorgungsaufgabe, bei der auf den Einsatz der Kernenergie verzichtet werden könnte.

Bei steigenden Kosten führt die Bewältigung dieser Aufgabe zu einem explodierenden Kapitalbedarf.

Gegen die Soft-Ideologien wendet Schneider ein:

»Das von ihren Anhängern immer wieder ins Feld geführte Großrisiko von Fehlentscheidungen kann in unserem Wirtschaftssystem durch eine klare Regelung der Verantwortlichkeiten begrenzt werden. Energieunternehmen werden sich nur dann zu Investitionswagnissen bereit finden, wenn sie ein langfristig befriedigendes Ergebnis erwarten. Prima vista ist nicht anzunehmen, daß unser System mehr Fehlentscheidungen hervorbringt als irgendein anderes.«

Klaus Meyer-Abich vertritt in seinem Referat *Möglichkeiten einer alternativen Langzeitentwicklung* die Gegenthese:

Es ist zunächst wichtig, sich über die eigenen Interessen, d. h. über die heimische Energiepolitik klarzuwerden. Wichtig sei dabei, daß »energiebezogene Dienstleistungen« immer schon durch eine Kombination von Technologie, Energie, Kapital und Arbeit (TEKA) zustande gebracht werden, wobei die Energie hier mehr oder weniger die »Restgröße« ist. Da Energie immer knapper und/oder teurer werde, sei es vernünftig, vorrangig neue Technologien, Kapital und Arbeit einzusetzen und ... im letzten Ergebnis Energie rationell zu verwenden, zu sparen! Längerfristig – in 50 Jahren – benötige Deutschland nur ca. 250 bis 300 Mio t SKE gegen 400 Mio t SKE in 1979. Zwischenzeitlich sei der Bedarf aber höher.

Meyer-Abich gelangt dann aber zu einer bemerkenswerten Erkenntnis:

Auf längere Sicht gäbe es zwei einander nicht ausschließende Möglichkeiten, fossile Energieträger zu substituieren: Energiesparen und Ausbau der Kernenergie. Man müsse aber

wenigstens eines von beiden konsequent tun. Beides geschehe nicht, Optionen aufrechtzuerhalten genüge jedenfalls nicht. Daher schlage er vor, die Möglichkeiten für einen Ausbau der Kernenergie zu schaffen unter der Bedingung einer gleichzeitigen und gleichrangigen Sparpolitik.

Die anschließende Diskussion vermittelte den Teilnehmern vornehmlich den Eindruck der Unvereinbarkeit der von Schneider und von Meyer-Abich vorgetragenen Standpunkte.

Eine Grundannahme Meyer-Abichs wurde dabei nicht erörtert: Ist es legitim, damit zu rechnen, daß im Jahre 2030 nur 45 Mio Menschen auf dem Territorium der Bundesrepublik leben werden? Ich meine dediziert nein! Damit wäre dem Szenario von Meyer-Abich und ähnlichen Szenarien aber der Boden entzogen. Noch mehr bedauere ich aber, daß das Angebot Meyer-Abichs auf »Kernenergie + Sparen« nicht ausdiskutiert wurde. Wir sollten darüber nachdenken.

In dem daran anschließenden Referat geht Alfred Voss auf *Möglichkeiten und Grenzen langfristiger Prognosen ein* und bestätigt dabei vor allem die Erkenntnis der vorausgegangenen Diskussion, daß sich über Prognosen trefflich streiten läßt. Voss meint, die heutigen Energieprobleme seien durch Langfristigkeit, Komplexität und Unsicherheit gezeichnet. Bei dieser Lage gehe es weniger um die Erstellung von Prognosen als um eine möglichst umfassende Beschreibung der Auswirkungen alternativer Entwicklungen mit dem Ziel, diejenigen Entscheidungen und Maßnahmen zu identifizieren, die heute notwendig sind, um die Energieversorgung in der Zukunft zu sichern.

Das Referat *Energie für die Dritte Welt* des ägyptischen Botschafters Omar Sirry demonstriert eindrucksvoll die Energieprobleme der Dritten Welt. Sirry weist z. B. darauf hin, daß in einigen Entwicklungsländern 90% der Bevölkerung für das Kochen und Heizen auf nichts anderes als Holz angewiesen sind, mit der Folge katastrophaler Entwaldung. Diesen Ländern dürfe das knapper werdende Öl nicht vorenthalten wer-

den. Er fordert die Industrieländer auf, nicht nur die Nachfrage nach Öl einzufrieren, sondern damit zu beginnen, wesentlich vom Öl abzugehen.

In seinem Referat *Internationale Probleme der Energiepolitik* gibt Ulf Lantzke einen für die Teilnehmer bedrückenden Abriß der Probleme der Versorgung der westlichen Welt mit Öl nach dem Umsturz im Iran und den Preiserhöhungen von Caracas. Nicht nur aus Versorgungs-, sondern auch aus Zahlungsbilanzgründen müsse man endlich zu einer Politik »weg vom Öl« kommen. Dazu sei aber erforderlich, alle Alternativen zum Öl unter Einschluß der Kernenergie beschleunigt zu entwickeln. Mit besonderem Nachdruck weist Lantzke auf die vom Öl ausgehenden Gefahren für die Weltwirtschaft (Rezession), den Welthandel (Autarkiestreben) und die Zahlungsbilanzen der Ölabnehmerländer hin.

Die Ausführungen von Erwin Anderheggen über die *Verfügbarkeit von Steinkohle zur Deckung des Weltenergiebedarfs* bringen eine Vielzahl von bisher weithin unbekannten Informationen über die Weltkohlewirtschaft. Sie zeigen damit auch deutlich, daß Kohle mittel- und längerfristig in Deutschland nur begrenzt verfügbar sein wird. Anderheggen unterstreicht drei Dinge:

- Am Weltmarkt werden 1985 höchstens 100 Mio jato SKE und 2000 höchstens 380 Mio jato SKE *mehr* zur Verfügung stehen als 1975.
- Der deutsche Steinkohlenbergbau könnte dem Inlandsmarkt etwa ab 1990 20 Mio jato SKE zusätzlich zur Verfügung stellen, wozu aber auch eine Kürzung der Exporte an Drittländer erforderlich wäre.
- Es ist nicht realistisch anzunehmen, daß die bei einem Verzicht auf den Zubau von 45 GW Kernenergie – Leistung bis 2000 (54 abzüglich 9 GW) erforderlichen 95 Mio jato SKE auf dem Weltmarkt beschafft werden könnten. Die Inlandsförderung gibt diese Menge ohnehin nicht her.

Ulrich Engelmann befaßt sich mit dem Thema *Energiepolitik*

in der Bundesrepublik Deutschland und stellt vornehmlich fest, daß die seit 1973/74 betriebene konsequente, langfristig angelegte Politik »weg vom Öl« weiterhin und noch stärker akzentuiert werden müsse und daß alle zum Öl alternativen Energieträger – schwergewichtig sind dies nur Kohle und Kernenergie – beschleunigt zu fördern sind. Von besonderem Interesse ist die Feststellung Engelmanns, »Braunkohle muß, soweit sie künftig zur Kohlevergasung und später zur Kohleverflüssigung eingesetzt wird, im Verstromungsbereich durch Kernenergie ersetzt werden«.

In der Diskussion bestätigte U. Engelmann dann auch die verstärkte energiepolitische Notwendigkeit, Braunkohle mit der hier genannten Folge zu veredeln. Von Interesse war auch eine Anmerkung, daß bei der Entscheidung, ob im Grundlastbereich Kohle oder Kernenergie einzusetzen ist, der Kostenvorteil des Kernenergiestroms vor dem Kohlestrom von ausschlaggebender Bedeutung sei.

Karl Heinz Beckurts erörtert *die Einsatzmöglichkeiten und das Substitutionspotential der Kernenergie.* Er stellt zunächst fest, daß 1979 weltweit 230 Kernkraftwerke 600 Mrd. kWh ans Netz lieferten und damit 200 Mio t SKE an fossilen Brennstoffen eingespart wurden. In bislang nahezu 2000 Reaktorbetriebsjahren sei noch kein Unfall geschehen, bei dem relevante Radioaktivität freigesetzt wurde. Man kenne auch keinen Unfall, bei dem Unbeteiligte durch Strahlenwirkung getötet worden sind.

Beckurts zeigt, daß die Kernenergie maßgeblich auf drei Wegen zum Abbau der Ölabhängigkeit beitrage:
- durch Ölsubstitution im Kraftwerksbereich;
- durch Einsatz nuklearer Elektrizität anstelle von Öl;
- durch Einsatz anderer durch Kernenergie erzeugter Sekundärenergien anstelle von Öl.

In Deutschland könne die Kernenergie auf diese Weise bis zum Jahr 2000 jährlich wenigstens 60 Mio jato SKE Öl (entsprechend einem Drittel des gegenwärtigen Ölverbrauchs)

ersetzen. Hierbei seien die indirekten Substitutionsmöglichkeiten unberücksichtigt geblieben.

Beckurts geht dann auf das gemeinsam von der KFA Jülich und dem Brookhaven National Laboratory erstellte »IEA Energy System Analysis Project« ein. Dieses zeigt, daß die Kernenergie im Jahre 2020 allein 43% des Weltelektrizitätsverbrauchs und rund 20% des Primärenergiebedarfs der Welt decken könne. Dies entspreche dem doppelten des heutigen Weltkohlebeitrags.

Der Themenkomplex wird abgeschlossen durch das Referat von Karl Winnacker *Energie und industrielle Entwicklung,* das – gestützt auf die reichen Erfahrungen des Vortragenden – die Schlüsselrolle der Energie für die industrielle Entwicklung umfassend zur Darstellung bringt.

Aus einer Zusammenschau der Referate von Ulf Lantzke, Ulrich Engelmann und Karl Winnacker läßt sich auch eine wichtige Feststellung ableiten:

Für die Bundesrepublik Deutschland ist der Ausbau der Kernenergie schon deshalb geboten, weil die industrielle Welt um uns weiterhin auf diese im Vergleich zu ihren Alternativen besonders – und zunehmend – kostengünstige Energie setzt. Unser Land ist wie kaum ein anderes Land mit der Weltwirtschaft verflochten, d. h. in die weltwirtschaftliche Arbeitsteilung eingebunden (über 25% Auslandsanteil am Bruttosozialprodukt gegenüber etwa 7% in den USA). Schon die Bewahrung des erreichten wirtschaftlichen Leistungsstandes setzt voraus, daß sich diese außenwirtschaftliche Einbindung nicht wesentlich mindert, und das wiederum hat zur Voraussetzung, daß wir weiterhin ausreichend exportfähig bleiben, um die lebensnotwendigen Importe bezahlen zu können. Die Weltwirtschaftskrise Ende der 20er und Anfang der 30er Jahre hat uns allen drastisch vor Augen geführt, welche katastrophalen Folgen ein durch Devisenmangel bedingter Rückgang des Welthandels für die Volkswirtschaft und die Volkswohlfahrt hat. Konkret bedeutet dies in der aktuellen Situation, es wäre

für ein Land mit hohen Löhnen und Soziallasten wie die Bundesrepublik Deutschland in hohem Maße gefährlich, wenn es durch Verzicht auf den Ausbau der Kernenergie auch noch zu einem Land mit vergleichsweise hohen Kosten der Elektrizitätsversorgung würde, zumal unter Beachtung der Regeln des GATT schon ein geringfügiger Kostennachteil stromintensive Fertigungen im internationalen Wettbewerb aus dem Markt verdrängen kann.

Die Thematik der neuen Energien steht im Zeichen des von einer kritischen Teilnehmerin in der Diskussion ausgesprochenen Mottos »Wandel durch Annäherung«.

Als erster referiert Peter Engelmann über die *Einsatzmöglichkeiten und langfristige Bedeutung neuer Energiequellen.* Seine Ausführungen bringen einige im Ergebnis begrenzte Korrekturen an den Ergebnissen der 1976 von der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen vorgelegten Studie über nichtnukleare-nichtfossile Primärenergiequellen. Engelmann stellt abschließend fest, der Anteil der neuen Energieträger bleibe auch im Jahr 2030 mit etwa 10% relativ gering, viel stärker – mit 28% – schlage die rationellere Energieverwendung zu Buch. Der dann im Jahr 2000 noch verbleibende deutsche Primärenergiebedarf zwischen 480 und 600 Mio jato SKE müsse mit konventionellen Energieträgern und Kernenergie gedeckt werden. Da Erdöl und Erdgas weitgehend substituiert werden müßten, sei dies »eine sehr schwere Aufgabe«.

Walter Patterson behandelt das Thema *Energy and Purpose: New Opportunities* und präsentiert damit eindeutig eine Gegenposition. Patterson unterstreicht die Notwendigkeit des Dialogs im Sinn des Austauschs kontroverser Standpunkte. Skepsis begegnet seiner These, die Reaktorbau- und Brennstoffkreislaufindustrie könne nach einem längeren Moratorium aus der Asche neu entstehen.

Peter Penczynski gibt in dem folgenden Referat *Möglichkeiten dezentraler Energieversorgung* eine wohldurchdachte Ana-

lyse der Soft-Hard-Auseinandersetzung. Zutreffend stellt Penczynski fest, die Kernenergie spiele in der emotionell begründeten Kultur- und Zivilisationskritik eine Stellvertreterrolle. Es werde über Kernenergie diskutiert, aber Kritik an der Gesellschaft und der Wirtschaft gemeint. Sie ist das Symbol der Zentralisierung von Technik und Gesellschaft, von Macht und zunehmender Abhängigkeit schlechthin. Als Mittel zu weiterem wirtschaftlichen Wachstum und zur Zerstörung der natürlichen und sozialen Umwelt führe in dieser Sicht die Kernenergie uns damit nicht nur schneller an die Grenzen des Wachstums, sondern lasse unsere materielle Abhängigkeit noch größer werden. Mit der Entwicklung der Kernenergie sei es nach diesem Verständnis »dem Süchtigen gleichsam gelungen, in eine Schnapsbrennerei einzuheiraten«, ein mit besonderem Beifall aufgenommenes Gleichnis. Demgegenüber plädiert Penczynski dafür, Schritte aufeinander zuzugehen und den sowohl von den Verfechtern des harten wie – mehr noch – von den Verfechtern des sanften Wegs erhobenen Anspruch auf Ausschließlichkeit aufzugeben, anders ausgedrückt, die Probleme nicht auf der einen Seite nur wirtschaftlich-technisch und auf der anderen Seite nur gesellschaftlich zu sehen.

Bernhard Stoy ergänzt Penczynski mit einer überraschenden Vielzahl von technisch möglichen und energiewirtschaftlich interessanten Wegen rationellerer Energieerzeugung, -umwandlung und -nutzung, vor allem unter Einsatz von Elektrizität. Er plädiert nachdrücklich für die elektrisch betriebene bivalente Wärmepumpe, die wie kaum ein anderes Instrument gestattet, Öl oder Gas einzusparen – vor zehn Jahren hätte hieran noch niemand gedacht. Überzeugend verwirft Stoy die vielfach verwendete Rechnung Energie = Energie oder SKE = SKE. Die Gleichsetzung von Energie und Elektrizität verstelle den Blick für die wahren Probleme. Über die Volkswirtschaft als Ganzes hinweg können wir nur nachhaltig »entkoppeln«, d. h. Primärenergie rationeller verwenden, wenn wir bereit sind, für Antriebs- und Regelgeräte mehr

Elektrizität einzusetzen. An das Ende seiner Ausführungen stellt Stoy einen überraschenden und eindrucksvollen Nachweis der schon frühzeitig begonnenen Initiativen und Aktivitäten der Elektrizitätswirtschaft, vor allem seines Unternehmens zur rationellen Energieverwendung.

Zusammenfassend kann als Ergebnis ein Grundkonsens festgestellt werden, sowohl hinsichtlich der begrenzten Möglichkeiten für einen Einsatz neuer regenerativer Energien als auch in bezug auf die Notwendigkeit einer Politik rationeller Energieverwendung.

In der anschließenden Diskussion appellierte Beckurts an die Kernenergiegegner, sie sollten nicht in den Fehler verfallen, die technischen und wirtschaftlichen Probleme einer alternativen Energiebedarfsdeckung zu unterschätzen und der Bevölkerung zu suggerieren, der »soft way« sei einfach, billig und bequem. Patterson, an den dieser Appel vornehmlich gerichtet war, erklärte: »I agree!«

Der Beitrag von Karl Heinz Lindackers über die *Risiken aus der Energiebedarfsdeckung* gibt einen umfassenden Überblick über Methoden und Ergebnisse von Risikoanalysen unter Einschluß der inzwischen vorliegenden Deutschen Risikostudie. Mit einer Vielzahl neuerer Untersuchungsergebnisse bestätigt er, daß die Kernenergie verglichen mit alternativen Technologien zur Energiebedarfsdeckung weniger gefährlich ist, belegt aber auch die Schwierigkeit, den Bürger davon zu überzeugen, daß die Aussage, das mit den Kernkraftwerken verbundene Schadensrisiko sei »extrem gering«, wegen der außerordentlich geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten auch für den Bereich extremer Unfallauswirkungen zutreffe.

Lindackers stellt abschließend fest:

»Neben der wissenschaftlich begründeten Überzeugung vom ausreichend geringen Risiko der Kernenergienutzung in unserem Lande zwingen die absehbare Entwicklung des weltweiten und nationalen Energiebedarfs und seiner möglichen Deckung und die Kenntnis der vielfältigen Folgen von Ener-

giemangel aus den Kriegs- und Nachkriegsjahren zu dem Bekenntnis: Die Nutzung der Kernenergie in unserem Lande muß sofort, stetig und mit der gebotenen Vorsicht weiter ausgebaut werden.«
In seinem eindrucksvollen, ja beunruhigenden Referat »Energie und Umwelt« befaßt sich H. Flohn, Universität Bonn, mit möglichen Klimaänderungen als Folge wachsenden CO_2-Gehaltes der Luft. Er fordert ein umfassendes, internationales Klimaforschungsprogramm mit höchster Dringlichkeitsstufe und gibt anschließend seiner Überzeugung Ausdruck, »daß das Risiko der Entwicklung eines unipolaren Warmklimas mit eisfreier Arktis die Grenzen des Verantwortbaren überschreite«. Dieses Risiko sei »wegen seiner weltweiten Konsequenzen für die gesamte Menschheit größer als jedes denkbare Risiko der Kernenergie, das wenigstens technologisch auf ein Minimum reduziert werden kann«.

Gestützt auf umfassende Ergebnisse der empirischen Sozialforschung gibt abschließend E. K. Scheuch eine Darstellung der verworrenen Meinungslage zur Kernenergie. Fünf Aussagen fassen die wesentlichen Ergebnisse seiner Feststellungen zusammen:

1. »Die öffentliche Berichterstattung ist heute grüner als die Bevölkerung. Nach Umfragen des Instituts für Demoskopie kommen auch heute Sorgen über Umweltschutz hinter wirtschaftlichen Sorgen und den Sorgen über öffentliche Sicherheit oder den Beschwernissen durch Geldentwertung und hohe Abgaben vom Einkommen.«
2. »Das Thema Kernkraft eignet sich, um verschiedene Gefühle und Vorstellungen zu bündeln in eine Anklage gegen das politische System: die Klagen über die Rücksichtslosigkeit der Konzerne, die zunehmende Bedeutung von Sorge um die eigene Gesundheit, die Schuldgefühle über die eigene Lebensweise, die gestiegenen Ansprüche an die Qualität der Umwelt, die Angst vor dem Atom. Ökologie schrumpft im Bedeutungsgehalt zur Kernkraftpolitik

und erhält damit eine Virulenz, die das Thema Ökologie als Sorge um viele Qualitäten unserer Umwelt nicht hatte.«

3. »Die Kernkraftgegner sind eine Mischung sehr verschiedener Orientierungen und Soziallagen. Menschen der Unterschicht, welche die Notwendigkeit der Kernenergie nicht einsehen, stehen als Anhänger den Amateur-Experten der oberen Mittelschicht zur Verfügung. Diese sind eine Anti-Establishment-Elite, die sich gegen die Expertokratie durch Selbstunterrichtung einseitiger Art wehrt. Eine Anti-Establishment-Elite in den elektronischen Medien steigert die Bedeutung dieser Aktivisten gegen Kernkraft.«
4. »Heute bündeln sich in der Bewegung für Umweltschutz alle Formen und Motive der Ablehnung einer nach Prinzipien materieller Nützlichkeit gesteuerten Entwicklung. Die Kernkraft als Streitfrage gibt dieser Abwehr eine besondere Brisanz, und erlaubt bisher die Verschmelzung von ideologisch-politischer mit kulturkritisch-ästhetischer Gegnerschaft gegen die westlichen Demokratien. Je tiefer die Verunsicherung über die Risiken, um so weniger ist hier mit technischen Argumenten auszurichten.«
5. »In unserer Politik herrscht die Schlichtung von Gegensätzen nach dem Tarifvertrags-Modell vor:
   Jeder bekommt etwas, aber jeder etwas weniger als verlangt. Mit Wertkonflikten ist eine westliche Demokratie bis an die Grenzen ihrer Integrationsfähigkeit gefordert.«

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die hier dokumentierte Debatte einen Wendepunkt in der Beurteilung der Kernenergie markiert. Die energiewirtschaftlichen Erfordernisse für einen Ausbau dieser Energie sind stärker und dringlicher geworden, eine erste Annäherung zwischen den beiden Lagern ist unverkennbar. Jetzt geht es darum, diese Erkenntnisse den verantwortlichen Politikern rasch und überzeugend zur Kenntnis zu bringen.

Langfristige Entwicklung der Weltenergiesituation

Hans-Karl Schneider

1. Energieprognosen bei erhöhter Unsicherheit

Eine erhöhte Unsicherheit wie die, die sich nach Teheran, Harrisburg und Kabul in der Einschätzung der energiewirtschaftlichen Großwetterlage ausbreitet, rechtfertigt nicht den Verzicht auf langfristige energiewirtschaftliche Prognosen – etwa mit dem Argument, es komme doch wieder anders, als vorhergesagt wurde. Im Gegenteil, erhöhte Unsicherheit verlangt eine intensivere Analyse der zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten und Entwicklungsbedingungen als in Zeiten stabiler wirtschaftlicher, sozialer und politischer Verhältnisse, in denen strukturelle Wandlungen ohne größeren prognostischen Aufwand rechtzeitig und verläßlich ausgemacht werden können.

Mit viel Glück mag es trotz instabiler Bedingungen gelingen, für wichtige Größen den Unsicherheitsbereich einzuschränken und so eine relativ vertrauenswürdige Aussage über ihr Zukunftsverhalten zu gewinnen. Dies gelang z. B. dem Workshop on Alternative Energy Strategies, das mit seiner Scenario-Methode vor drei Jahren für einen breiten Bereich verschiedener Annahmen über Wirtschaftswachstum, Hinzufügungen zu den Ölreserven, Energiepreisen u.a.m. eine Krisenlage in der Weltölversorgung spätestens für die 90er, möglicherweise auch für den Beginn der 80er Jahre vorhersagte. Derart sichere Vorhersagen aus unsicheren Annahmen dürften den Ausnahmefall bilden. In manchen Fällen mag es dem Prognostiker immerhin noch möglich sein, den Unsicherheitsbereich zu markieren und die resultierenden Auswirkungen anzugeben.

Oft erlaubt unzureichende Information nicht einmal dieses.

Der Prognostiker sollte sich dann nicht scheuen, die Unmöglichkeit einer begründeten Vorhersage einzugestehen. Keinesfalls darf er subjektive Schätzungen oder eigene »Setzungen« von künftigen Werten wichtiger Prognosevariablen, die korrekterweise Ergebnis der Prognosetätigkeit sein müßten, als Prognoseaussagen deklarieren.

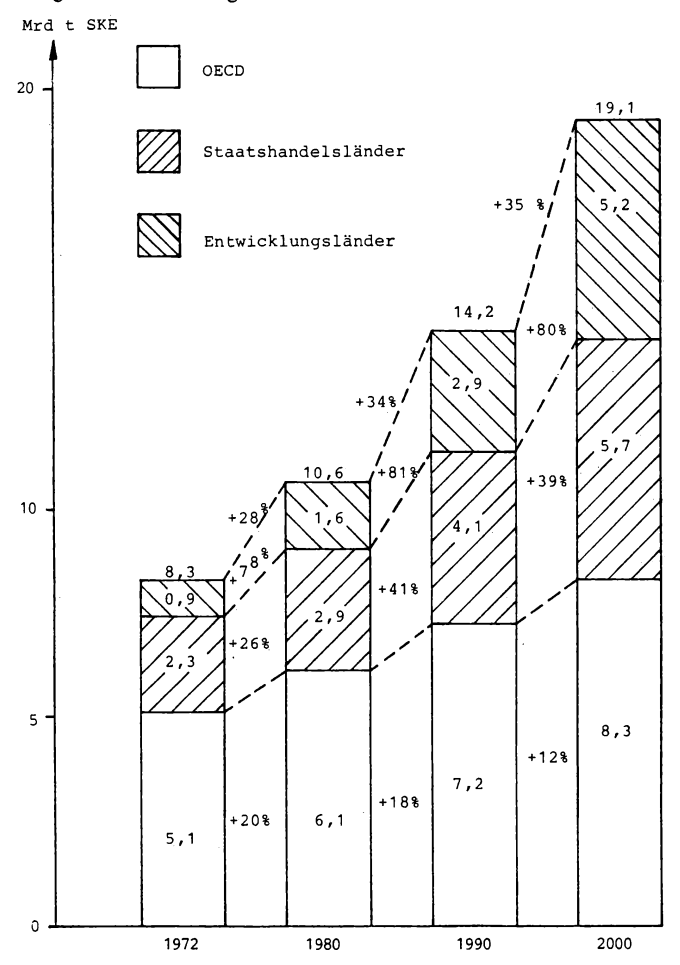
Dies sei vorweggeschickt, um die Konzeption meines Referats deutlich zu machen. Es soll gezeigt werden, mit welchen Faktoren oder Tendenzen auf den Weltenergiemärkten sicher gerechnet werden kann und welche Unsicherheiten die Entwicklung belasten. Abschließend soll versucht werden, einige Implikationen für die Wirtschaftspolitik aufzuzeigen.

2. Anhaltender Anstieg des Weltenergiebedarfs

Die grundlegende Hypothese für die Schätzung des künftigen Weltenergiebedarfs ist die, daß das Weltsozialprodukt weiter steigen wird und daß alle Regionen bzw. alle Ländergruppen am wirtschaftlichen Wachstum teilnehmen werden. Ein sog. Null-Wachstum der reifen Industrieländer, das immer wieder als Forderung in die Diskussion eingebracht wird, würde bedeuten, daß diese Länder ihre Hilfen an die Länder der Dritten und Vierten Welt nicht ausbauen könnten; daß sie ihre Inlandsmärkte für Produkte aus den Entwicklungsländern nicht weiter öffnen würden; und daß sie nicht in der Lage wären, ihre eigene wirtschaftliche, soziale und politische Stabilität zu wahren. Daß wirtschaftliches Wachstum der Welt bei effizienter Nutzung der natürlichen Umwelt und bei ressourcensparendem technischen Fortschritt auch möglich ist und selbst sehr langfristig nicht durch Mangel an Primärenergie oder Rohstoffen durchkreuzt wird, kann heute als wissenschaftlich nachgewiesen gelten.

Bei steigendem Weltsozialprodukt wird auch der Energiebedarf der Welt weiter steigen. Das ist das Ergebnis sämtlicher weltweiter Energiestudien, die in den letzten Jahren durchge-

Abbildung 1: Entwicklung des Welt-Primärenergieverbrauchs nach der Prognose der Weltenergiekonferenz



(1 Exajoule = 10^{18} j = 34,12 Mill. t. SKE)
Quelle: Ott, G., Schilling, H. J., Die Weltenergiekonferenz, Essen 1979, S. 19.

führt worden sind (WAES[1], WEK[2] u. a.). Bei den westlichen Industrieländern wird dabei allgemein mit einer fortschreitenden Verringerung des Primärenergieverbrauchs pro Einheit des Bruttosozialprodukts gerechnet. Dies geht zurück auf die Umstrukturierung der Volkswirtschaften in Richtung auf einen zunehmenden Anteil des tertiären Sektors an der volkswirtschaftlichen Wertschöpfung, auf einen relativen Rückgang der besonders energieintensiven Produktionen und auf eine rationellere Energieverwendung als Folge höherer Energiepreise und energiepolitischer Maßnahmen. Das Wachstum des Bruttosozialprodukts wird daher in den Industrieländern mit einem wesentlich langsameren Anstieg des Energieverbrauchs einhergehen, während in den Entwicklungsländern vorerst noch mit einer angenähert gleich starken Zunahme von Sozialprodukt und Energieverbrauch zu rechnen ist. Die Staatshandelsländer nehmen eine mittlere Position ein.

Abbildung 1 vermittelt eine Vorstellung von der Größenordnung der Schätzungen über den künftigen Weltenergieverbrauch, unterteilt nach Ländergruppen. Je nach Annahmen über den Anstieg der Produktionen, der Energiepreise u. a. m. liegen die Schätzungen anderer Studien teils höher, teils niedriger. Doch wird ausnahmslos auch für die ungünstigsten Annahmen noch ein beträchtlicher Anstieg des Energieverbrauchs der Welt erwartet.

3. Unsichere Weltölförderung

Im letzten Vierteljahrhundert stieg der Weltölverbrauch annähernd doppelt so stark wie der Verbrauch aller anderen Energieträger zusammen. Der entsprechende Anstieg der Weltölförderung war möglich, weil große Ölfunde in leicht zugängli-

1 Vgl. Energy: Global Prospects 1985–2000. Report of the Workshop on Alternative Energy Strategies, New York 1977.
2 Vgl. Report by the Conservation Commission of the World Energy Conference, World Energy: Looking ahead to 2020, London 1978.

chen Gebieten während der 50er und 60er Jahre eine überaus günstige Reservensituation geschaffen hatten und die Eigentümer zu dieser Zeit auch bereit waren, die Förderung einer schnell wachsenden Nachfrage anzupassen. Trotz einer Verdoppelung im Abstand von jeweils einem Jahrzehnt bestand in der Weltölförderung bis 1973/74 eine erhebliche Überkapazität, anders ausgedrückt: eine Erzeugungsreserve, die in kürzester Zeit mobilisiert werden konnte. Die OPEC war deshalb z. B. während des weltweiten Booms 1973 in der Lage, innerhalb eines halben Jahres ihre Förderung um einen Betrag zu erhöhen, der einer Jahresmenge von 400 Mio t Öl entsprach. Diese für die Flexibilität des Systems der Primärenergieversorgung grundlegende freie Kapazität existiert heute nicht mehr.

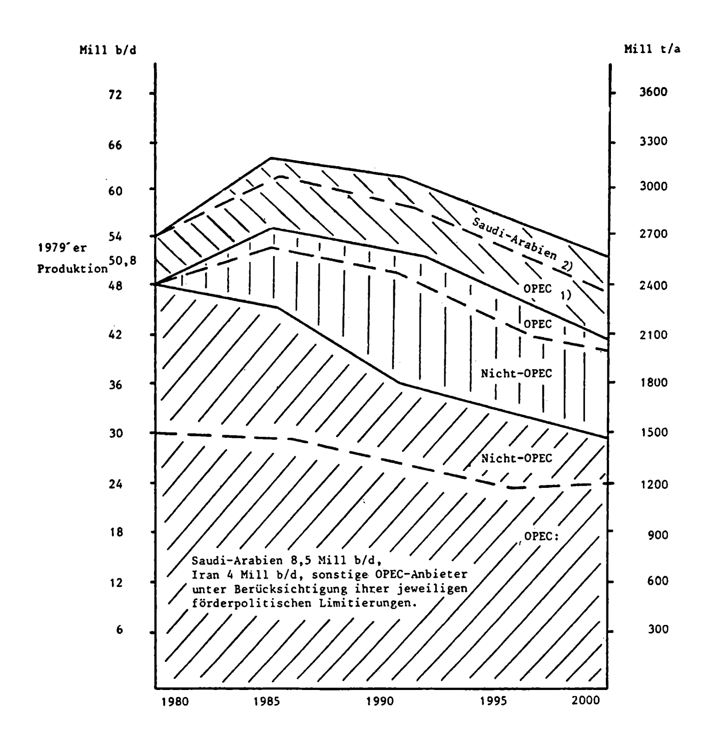
Mit einer durch natürliche Faktoren bedingten Produktionsbegrenzung ist beim Mineralöl auf lange Sicht hin nicht zu rechnen. Zwar betragen die nachgewiesenen sicheren Reserven nur rd. 87 Mrd t Öl, was bei einem Ölverbrauch im Jahre 1978 von rd. 3 Mrd t Öl einer statistischen Restlebensdauer von knapp 29 Jahren entspricht. Doch machen die sicheren Reserven nur ein Drittel, wahrscheinlich sogar nur ein Fünftel der *Ressourcen* an konventionellem Öl aus.[1] Mit fortschreitender Technik und höheren realen Ölpreisen wird es möglich sein, das geologische Wissen über die Natur der Ölressourcen zu verbessern und einen immer größeren Anteil der Ressourcen in Reserven umzuwandeln. Von einem Ende des Ölzeitalters kann daher auf nahe Sicht hin keine Rede sein.

Entscheidend für die Ölversorgung der nächsten 20 Jahre und danach ist das zukünftige Verhalten der großen Ölexportländer, die in der OPEC zusammengeschlossen sind und 1978 einen Anteil von fast 50% an der Weltrohölförderung auf sich vereinigten; ihr Anteil an den nachgewiesenen Reserven beträgt sogar fast 70%. Es ist festzustellen, daß diese Länder in

1 Zum Reserven- und Ressourcenbegriff vgl. Venzlaff, H., Die Energiereserven der Welt und ihre Nutzung, in: Energiepolitisches Forum 1977, Stuttgart 1977.

den letzten Jahren eine nur geringe Bereitschaft zur Erhöhung ihrer Förderkapazitäten gezeigt haben, ja, daß die laufenden Investitionsprogramme z. T. nicht einmal ausreichen, um die derzeitige Förderung zu stabilisieren. Es läßt sich heute schlechterdings nicht antizipieren, welche Investitions- und Produktionsentscheidungen diese Länder treffen werden (vgl. Abbildung 2). Eine erneut auf Fördersteigerung umschaltende Angebotspolitik kann zwar nicht ausgeschlossen werden, doch erscheint sie recht unwahrscheinlich, wenn man die wichtigsten Faktoren prüft, die die Förderpolitik bestimmen. Neue Großfunde von billigem Öl (»supergiant fields«) werden nach geologischer Expertenmeinung künftig nur eine geringe Rolle spielen, schnelle Verbesserungen der Reservelage werden allgemein nicht erwartet. Die Bereitschaft der low absorbers unter den großen Öllländern, durch eine Mehrförderung erzielbare Mehreinnahmen in Finanztiteln der Verbraucherländer anzulegen, hat nach dem Verfall des US-Dollars und der Inflation in den Industrieländern stark abgenommen. Die Erklärung der OPEC-Produzenten, die Förderung auf den heutigen Stand von rd. 1,5 Mrd Jahrestonnen zu begrenzen, muß zweifellos ernst genommen werden. Für eine länger als nur einige Jahre dauernde Erhöhung der Ölförderung der Produzenten außerhalb des OPEC-Bereichs gibt es keine hinreichenden Anhaltspunkte. Die Mehrförderung in Mexiko oder in der Nordsee oder in einigen neuen Öllländern wird im ganzen voraussichtlich nur ausreichen, um den Rückgang der US-amerikanischen Förderung auszugleichen. Die UdSSR schließlich, die noch über große Ölressourcen verfügt, hat bekanntlich außerordentlich große Schwierigkeiten, die in Dauerfrostgebieten und weit von den Verarbeitungs- und Verbrauchszentren entfernten Lagerstätten zu erschließen. Sie wird als Ölexporteur für die nichtkommunistischen Länder sicherlich keine zunehmende Bedeutung erlangen können. Aus alledem folgt, daß die nach 1977 und 1978 veröffentlichten Schätzungen, wonach das Weltölangebot in den nächsten

Abbildung 2: Die Ölförderung der Welt (ohne Staatshandelsländer) bei alternativen Annahmen bis 2000



1 Saudi-Arabien 12 Mill. b/d, sonstige OPEC-Anbieter plus 2,8 Mill. b/d.
2 Saudi-Arabien 14–16 Mill. b/d.
Produktion aus sicheren und wahrscheinlichen Reserven: ///
Produktion aus möglichen Ressourcenentdeckungen und -erschließungen: |||
Produktion bei konservierungspolitischer Lockerung: \\\

Quelle: BP, September 1979 (Oil Crisis . . . Again?), S. 19.

Jahren noch um 30 bis 40% gesteigert werden könne, als äußerst fragwürdig beurteilt werden müssen. Eine wesentlich größere Wahrscheinlichkeit spricht für die Annahme, daß das Weltölangebot im Trend annähernd konstant bleiben wird. Um das gesamtwirtschaftliche Risiko einer unzureichenden Energieversorgung zu minimieren, sollte von der Annahme ausgegangen werden, daß das Weltölangebot künftig nicht mehr gesteigert werden wird.

Ein stagnierendes Weltölangebot bedeutet für ein Land wie die Bundesrepublik, daß die für die Inlandsversorgung als verfügbar anzusehende Ölmenge im Trend zurückgehen wird. Denn die Entwicklungsländer sind beim Ausbau ihrer Energieversorgung in höherem Maße als die Industrieländer auf Öl angewiesen; die für die Entwicklungsländer und die OPEC-Länder benötigte Ölmenge wird daher bis zum Ende dieses Jahrhunderts voraussichtlich sich verdoppeln oder gar noch mehr steigen. Auch die weniger entwickelten Industrieländer werden ihr wirtschaftliches Wachstum voraussichtlich z. T. noch auf Öl basieren müssen, weil die Infrastruktur der anderen Energieversorgungssysteme fehlt bzw. erst allmählich aufgebaut werden kann. Die Anpassungslast entfällt somit in erster Linie auf fortgeschrittene Industrieländer.

4. Ölangebot und Ölpreise

Das Ausmaß des 1979er Preissprungs beim Rohöl hat allgemein überrascht. Zwar wurde von Experten seit Jahren die Verdoppelung des realen Rohölpreises vorhergesagt, doch bezogen sich diese Prognosen überwiegend auf einen recht langen Zeitraum, meist auf ein Jahrzehnt oder mehr. Dabei hat die jüngste Preisexplosion das kurz- bis mittelfristige Preissteigerungspotential für Rohöl noch nicht ausgeschöpft. Gewiß, einige unmittelbare und vollständige Substitute des Mineralöls wie synthetisches Öl aus den geologisch günstigsten Vorkommen an Teersänden oder Ölschiefer haben ihre

Wirtschaftlichkeitsschwelle bereits deutlich überschritten. Aber das Tempo ihrer Erschließung kann erst allmählich wesentlich gesteigert werden, weshalb von ihnen allenfalls in den 90er Jahren ein größerer Versorgungsbeitrag erwartet werden kann (siehe unten). Das andere vollständige Substitut des Mineralöls, das aus billigster Kohle gewonnene synthetische Öl, gilt auch beim heute erreichten Rohölpreis noch nicht als konkurrenzfähig. Amerikanische Studien nennen Konkurrenzschwellen von 40 Dollar/b und mehr. Die Konkurrenzfähigkeit der zahlreichen partiellen Substitute des Mineralöls bzw. der Mineralölfertigprodukte, die zum großen Teil bereits vor 1979 erreicht wurde, hat sich in den letzten Monaten noch weiter verbessert. Aber auch bei ihnen schreitet der Ausbau viel langsamer voran, als es noch 1974/75 nach dem ersten Ölpreisschock geplant worden war.

Kurzfristig greifende Bremsen, die einen weiteren Anstieg der (realen) Ölpreise verhindern könnten, gibt es somit bei den Ölsubstituten nicht. Für die Ölförderländer bietet somit eine Strategie, die das Angebot im Verhältnis zur jeweiligen Marktnachfrage knapp hält, eine günstige Chance, in den kommenden Jahren noch weitere Steigerungen des realen Rohölpreises durchzusetzen. Allerdings nimmt auch das ökonomische Risiko dann zu, mit einer solchen Preispolitik auf längere Sicht zu scheitern. Die kumulierte Wirkung einer Beschleunigung von energiesparenden Investitionen bzw. Maßnahmen und von alternativen Energieangeboten, die durch eine rigorose Ölpreispolitik stimuliert werden, kann auf die Dauer die Ölnachfrage so weit zurückdrängen, daß sie hinter dem geplanten Angebot zurückbleibt. Kurzfristig kann ein Rückgang der Ölnachfrage dann eintreten, wenn überzogene Ölpreissteigerungen weltweite Rezessionswirkungen auslösen. In einem strukturwirksamen Zurückdrängen der Ölnachfrage durch Ölsparen und Ölsubstituieren liegt die Chance für die heute dem Ölpreisdiktat ausgelieferten Verbraucherländer. Der durch überzogene Ölpreissteigerungen

bedingte konjunkturelle Rückgang der Ölnachfrage ist die Gefahr, vor der wir heute stehen. Hierzu eine kurze Anmerkung.

Abgesehen von den bekannten Gefahren für die innere wirtschaftliche Stabilität, die jeder größere Ölpreissprung mit sich bringt, muß vor allem die mögliche Störung des internationalen Finanzsystems bedacht werden. Zwar bestanden 1979 nicht große Zahlungsbilanzungleichgewichte wichtiger Außenhandelsländer wie Ende 1973, doch könnten die rd. 70 Mrd US-Dollar betragenden Mehreinnahmen der OPEC schon von ihrer Größenordnung her durchaus neue gravierende Ungleichgewichte schaffen. Unsicher ist vor allem auch, wie die zum Ausgleich der verschlechterten Zahlungsbilanzen erforderliche Umverteilung der internationalen Liquidität ohne größere Beeinträchtigung des Welthandels bewerkstelligt werden kann. Bedenklich ist, daß einige große Länder heute die Grenze ihrer externen Verschuldungsfähigkeit erreicht haben. Hier liegt zweifellos eine potentielle Gefährdung des Welthandels und der Weltproduktionen vor, die sich in einer Rezession oder zumindest Rezessionsverstärkung entladen kann.

Eine gesamtwirtschaftliche Risikobewertung führt zu dem Ergebnis, daß die Annahme eines nicht mehr steigenden Weltölangebots durch die weitere Annahme eines zumindest auf mittlere Sicht noch steigenden realen Ölpreises zu ergänzen ist. Eine eindeutige Begrenzung dieses Anstiegs läßt sich jedoch nicht prognostizieren. Im übrigen wird der Ölpreisanstieg wie schon in der Vergangenheit sicherlich nicht monoton verlaufen, sondern in Schüben, deren Höhe von der Entwicklung der Ölnachfrage und damit insbesondere von der jeweiligen Lage der Weltkonjunktur abhängen dürfte.[1] Mit dem Ölpreisanstieg werden Steigerungen der anderen Energie-

1 Vgl. Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft, Wirtschaftspolitische Folgerungen aus der Ölverknappung, in: Bundestagsbulletin vom 20. 12. 1979.

preise einhergehen, wobei ihr Ausmaß entscheidend vom Tempo des Ausbaus der Alternativenergien abhängen wird.

5. *Entwicklungschancen und Ausbauprobleme bei den Alternativen zum Mineralöl*

Bei stagnierendem Weltölangebot muß der gesamte zusätzliche Weltenergiebedarf durch alternative Energieträger gedeckt werden! Nach der WEK-Schätzung beläuft sich der zusätzliche Weltenergiebedarf für den Zeitraum 1980 bis 2000 auf 5,8 Mrd t SKE für die nicht-kommunistische Welt. Es ist nicht unrealistisch anzunehmen, daß die Staatshandelsländer im ganzen keinen steigenden Beitrag zur Energieversorgung der Länder außerhalb des Comecon und China leisten wollen und leisten können. Trägt man dem in der WEK-Prognose nicht berücksichtigten jüngsten Ölpreisanstieg Rechnung, so wird die Zunahme des Weltenergiebedarfs bis zum Jahre 2000 statt mit 75% geringer zu veranschlagen sein. Es sei hier einmal angenommen, daß sie »nur« 50% betrage, das sind immerhin rd. 3 Mrd t SKE, die bis 2000 durch alternative Energieträger *zusätzlich* bereitgestellt werden müßten. Diese höchst subjektive Schätzung entspricht einer jüngeren Prognose der Shell, bei der zum einen ein außerordentlich niedriges Wirtschaftswachstum und zum andern eine sehr erfolgreiche Politik der Energieeinsparung unterstellt werden.[1]

Die heute erreichte Preishöhe für das Mineralöl und die Erwartung eines vorerst noch weiter steigenden realen Ölpreises haben das Spektrum der wirtschaftlich konkurrenzfähigen Alternativenergieträger außerordentlich erweitert. Nicht unzureichende Konkurrenzfähigkeit gegenüber dem Mineralöl, sondern eine Vielzahl anderer Faktoren begrenzt oder erschwert heute den Ausbau der Alternativen.

1 Shell-Briefing-Service, Aussichten und Aufwendungen im Energiebereich, Hamburg 1979, S. 3.

Im folgenden wird ein knapper Überblick über die Chancen und die Probleme dieses Ausbaus gegeben.

a) Über die »unkonventionelle« Ölgewinnung ist oben schon das Wichtigste gesagt worden. Ergänzend ist zu bemerken, daß es sich bei dem Ölschiefer, den Teersanden und dem Schweröl um riesige, nicht erschlossene Ressourcen an Kohlenwasserstoffen handelt. Allein die Teersande-Ressourcen werden auf knapp 300 Mrd t geschätzt, davon wird etwa ein Zehntel heute als »Reserven« eingestuft. Die Förderung aus Teersanden erreichte 1978 erst knapp 10 Mio t (vor allem aus der Syncrude-Grube in Kanada), nach der derzeitigen Planung wird bis zum Jahre 2000 mit einer Förderung von 70 bis zu 130 Mio t pro Jahr gerechnet.

Noch größer werden die gewinnbaren Ölmengen aus Ölschiefer veranschlagt, nämlich auf 465 bis über 700 Mrd t, wovon ebenfalls rd. ein Zehntel als bedingt wirtschaftlich förderbare Reserven eingestuft werden. Die Preisschwelle für die wirtschaftliche Nutzung, die noch im August 1973 in einer Untersuchung für das Bureau of Mines mit knapp 5 $/b angegeben wurde, wurde seitdem ständig revidiert: 1975 auf 25 $/b, 1979 auf 35 $/b, und viele Fachleute rechnen mit noch höheren Beträgen. Völlig ungelöst sind bisher immer noch die technischen Fragen der Abfallbeseitigung und der Wasserbeschaffung. Wenn die bis zum Jahre 2000 erreichbare Produktion von Schieferöl mit 80 bis 90 Mio t veranschlagt wird, so erscheint dies recht optimistisch zu sein.

Eine Prognose, wie schnell die Ausbeutung der riesigen Schwerölvorkommen (Venezuela u. a.) vorankommen wird, ist nicht möglich, weil die Technologie dieser Ölgewinnung noch in den Kinderschuhen steckt.

Alles in allem: Die »nichtkonventionelle« Ölgewinnung wird maximal 10% des zusätzlichen Energiebedarfs bis zur Jahrhundertwende decken können, wenn von der niedrigsten Schätzung der Verbrauchszunahme ausgegangen wird.

b) Die regenerierbaren Energieträger, auf die heute nur

etwa 5% der Weltenergieversorgung entfallen, werden auf sehr lange Sicht hin zweifellos einen größeren Versorgungsanteil übernehmen. Sie müssen hierzu jedoch erst befähigt werden: Bei den sog. neuen Energieträgern müssen erst die umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu einem guten Abschluß gebracht werden, die in den letzten Jahren weltweit, in beachtlicher Breite und mit großer Intensität in Angriff genommen worden sind.

Der bis zum Jahre 2000 bei weitem wichtigste unter den erneuerbaren Energieträgern ist die Wasserkraft. Das gesamte Wasserkraftpotential (Flußkraftwerke) wird gegenwärtig vor allem in den Entwicklungsländern erst wenig genutzt (vgl. Tabelle 1). Eine Beschleunigung des Wasserkraftausbaus stößt hier jedoch auf die bekannten Grenzen der ökonomisch sinnvollen Verwertungsmöglichkeiten für die gewonnene Energie.

Folgt man der Beurteilung der technischen und wirtschaftlichen Ausbaumöglichkeiten der erneuerbaren Energieträger durch WAES, so mögen diese um das Jahr 2000 bis zu 10% des zusätzlichen Energiebedarfs decken können. Davon würde dann über die Hälfte auf Wasserkraft entfallen.

Tabelle 1: Weltwasserkraftreserven in MW

Region	Theoretisch vorhandenes Wasserkraft-potential	Installierte Kapazität	Im Bau befindliche Kapazität	Geplante Kapazität
Asien	610100	54900	6100	42700
Südamerika	431900	34600	38900	90700
Afrika	358300	14300	3600	21500
Nordamerika	356400	128300	33900	39200
UdSSR	250000	31500	24500	20000
Europa	163000	94500	9800	21200
Ozeanien	45000	9000	2200	3600
Gesamt	2214700	367100	119000	238900

Quelle: Ott, G., Schilling, H.-G., a.a.O., S. 35.

c) In der Größenordnung um 15% mag der Beitrag des Naturgases an der Deckung des Energiebedarfszuwachses geschätzt werden. Beim Naturgas ist die statistische Restlebensdauer etwa doppelt so hoch wie beim Mineralöl. Der Anstieg der Mineralölpreise hat auch die anlegbaren Preise für Naturgas in den Verbraucherländern auf das Vierfache und noch mehr erhöht, so daß Naturgas heute auch aus weit entfernten Regionen auf dem Land- oder Wasserweg in diese Länder wirtschaftlich transportiert werden kann. Die Aktivierung des bisher noch nicht genutzten Naturgaspotentials wird die Ölsubstitution zweifellos erleichtern.

d) *Ein Zwischenfazit:* Setzt man, wie es hier geschehen ist, den Anstieg des Energiebedarfs für die beiden nächsten Dekaden mit 50% außerordentlich niedrig an und schätzt man gleichzeitig die von nichtkonventionellem Öl, von erneuerbaren Energieträgern und Naturgas erbringbaren Versorgungsanteile als günstig ein, so können diese insgesamt etwas mehr als ein Drittel des zusätzlichen Energiebedarfs decken. Für die »Restdeckung« verbleiben dann nur zwei Energieträger: die Kohle und die Kernenergie. Nach der WAES-Studie werden beide benötigt: »For the world as a whole there will be no solution which can forego the one or the other option.«

e) Verschiedene internationale Expertengruppen sind z. Z. damit beschäftigt, die technischen und ökonomischen Bedingungen für eine verstärkte Nutzung der Kohle zu klären. Die nachgewiesenen Reserven der Kohle übersteigen die des Erdöls und des Naturgases um ein Vielfaches, die insgesamt auf der Welt vorhandenen Ressourcen sind wegen bisher unzureichender Explorationstätigkeit noch unbekannt. Schätzungen in der Größenordnung von 10000 Mrd t SKE können allenfalls einen Anhalt geben. Der Anteil der Kohle an der Weltenergieversorgung betrug 1978 erst 27%. Man hält heute zwar eine Verdoppelung der Förderung bis zum Jahre 2000 für erreichbar. Die zahlreichen ungelösten Probleme sowohl in der Förderung und im Transport als auch in der Verwen-

dung der Kohle (Umweltprobleme!) werden voraussichtlich jedoch sehr viel Zeit für ihre Lösung benötigen. Über die Umsetzung des technisch Möglichen und des ökonomisch Vertretbaren in konkrete Entscheidungen hinsichtlich der Investitionen in Förderung, Transport und Anwendung gehen die Meinungen der Experten noch außerordentlich weit auseinander.[1]

f) Ich komme schließlich zur Kernenergie. Die langfristigen Überlegungen hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten der Kernenergie und ihres Öl-Substitutionspotentials sowie die politische Frage der sog. Akzeptanz sind Gegenstand anderer Referate dieser Veranstaltung. Ich gehe daher auf die Kernenergie in diesem Referat nicht ein. Vor dem Hintergrund der aufgezeigten langfristigen Perspektiven der Weltenergieversorgung sei hier lediglich festgestellt, daß es keine Lösung der energiewirtschaftlichen Versorgungsaufgabe gibt, bei der auf den Einsatz der Kernenergie verzichtet werden könnte.

g) Mit den beiden Dekaden unmittelbar vor uns ist nicht die eigentlich langfristige Perspektive der Energieversorgung angesprochen. Diese setzt mit dem neuen Jahrtausend gerade erst ein. Die Jahre bis 2000 sind vielmehr die eigentlich kritische Phase unserer energiewirtschaftlichen Entwicklung, eine Phase, in der die Lösung vom Öl eingeleitet werden muß und in der die jetzt begonnenen neuen Investitionen sich bereits spürbar auswirken können. Freilich wird das Mineralöl selbst im Falle eines maximalen Erfolgs beim Ausbau der Alternativen im Jahre 2000 noch der mit Abstand wichtigste Energieträger sein.

1 Die Weltkohlestudie, die in den nächsten Wochen fertiggestellt werden wird, dient mehr einer Präzisierung der zu lösenden Probleme als dazu, eine klare Vorstellung darüber zu verschaffen, mit welchen zusätzlichen Mengen an Kohle in den nächsten Jahren gerechnet werden kann.

6. Explodierender Kapitalbedarf und steigende Kosten

Schon die langfristige Aufrechterhaltung der heutigen Primärenergiegewinnung erfordert stark steigende Investitionsaufwendungen und verursacht dadurch ständig höhere sog. resource costs. Der vergleichsweise stärkste Anstieg ist beim Mineralöl zu erwarten. Das Barrel Öl, das durch Exploration und Felderschließung oder durch technisch effizientere Ausbeute der Lagerstätte als Ersatz für das jeweils geförderte Barrel Öl dient, muß heute bereits mit dem Mehrfachen der Investitionsaufwendungen erschlossen werden. Die Investitionen pro Barrel Tagesleistung aus kleinen und schwer zugänglichen Feldern, aus sekundärer und tertiärer Förderung liegen z. T. um das 20-, 30- und sogar 50fache über denen, mit denen das kostengünstige Öl in den Hauptförderländern erschlossen wurde. Der Anteil des teuren Öls wird im Trend anhaltend zunehmen und erfordert immer kostspieligere und zugleich riskantere Investitionen (vgl. Abbildung 3).

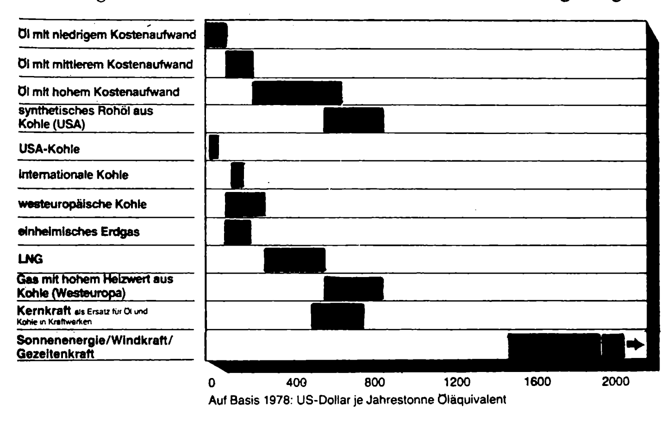
Beim Naturgas kommen zum Anstieg der Investitionsaufwendungen und der Ressourcenkosten in der Gewinnung, die allerdings nicht das Ausmaß wie beim Mineralöl erreichen werden, noch die Kosten für die Überwindung zunehmender Entfernungen hinzu.

Am günstigsten liegen die Investitionsaufwendungen für Kohle aus Ländern mit großen Vorkommen, so insbesondere für die Kohle aus dem Tagebau im Westen der USA und in Kanada, Australien, Südafrika, Südostasien.

Steigender Investitionsaufwand pro Einheit der für den Verbrauch bereitgestellten Energie tritt weiter durch das Vordringen der kapitalintensiven Versorgungssysteme (Elektrizität, Fernwärme u. a.) und Verarbeitungsverfahren (Umstellung in der Mineralölverarbeitung) ein, später auch durch die synthetische Rohöl- und Naturgasgewinnung.

Die Fähigkeit und die Bereitschaft der Energieunternehmen, bei der Beschaffung, beim Transport und bei der Verar-

Abbildung 3: Relative Investitionskosten verschiedener Energieträger



Quelle: Shell-Briefing-Service, Aussichten und Aufwendungen im Energiebereich, Hamburg 1979, S. 7.

beitung von Primärenergie immer größere Investitionsmittel pro Energieeinheit *und pro Projekt* einzusetzen, wird damit zum Schlüsselproblem für die Lösung der Energieversorgungsaufgabe.

7. Soft technologies als alternative Strategie?

Der gewaltige Anstieg des realen Investitionsbedarfs pro Einheit der bereitgestellten Energie, der in den nächsten zwei Jahrzehnten im Durchschnitt um das Dreifache des heutigen Wertes ausmachen dürfte, legt die Frage nahe, ob die Fortentwicklung der Energieversorgungssysteme auf den traditionellen Wegen sich nicht eines Tages als verfehlt erweisen muß. Wir wären dann gewissermaßen die Gefangenen der früher durchgeführten und bereits eingeleiteten Investitionen, und es gäbe auf längere Zeit hin kein Entweichen aus der Investitionsfalle. Das ist eines der Argumente derer, die heute neben

einer rigorosen Energiesparpolitik empfehlen, sofort und vollständig auf sog. soft technologies der Energieversorgung umzuschalten: auf Sonne und Wind, auf Biomasse und Wasserkraft. Alles nach dem Motto: »Small is beautiful (Schumacher) – and cheaper (Lovins)!«

Es würde zu weit führen, hier in eine Detailbeurteilung der von *Lovins* und seinen Gefährten vorgetragenen Thesen einzusteigen. Ich verweise statt dessen auf die demnächst erscheinende Berichterstattung über das Hearing vor dem Bundestagausschuß »Zukünftige Nutzung der Kernenergie«, an dem neben den Ausschußmitgliedern (und damit auch einzelnen Vertretern der Lovins-Richtung) auch Lovins selbst und der Referent teilnahmen. Lovins wurde die Frage nach der technischen Feasibility, nach den ökonomischen Ergebnissen und nach der sozialen Akzeptanz bzw. der Umweltverträglichkeit gestellt. Die Antworten, die er hierzu gab, müssen als außerordentlich unbefriedigend angesehen werden. Zum Teil wurden kaum nachprüfbare Quellen zitiert oder es wurde nach dem folgenden Prinzip verfahren: Lovins zitiert das Öko-Institut als Zeugen, die Vertreter dieses Instituts berufen sich auf Lovins, und beide führen Gerald Leach als Kronzeugen ins Feld! Nun, da es sich um Technologien in den Kinderschuhen oder gar im embryonalen Zustand handelt, sollten zunächst einmal ihre Erforschung und Entwicklung vorangetrieben werden. Es wäre aber gesamtwirtschaftlich ganz und gar unverantwortbar, wenn im Vertrauen auf das technische Funktionieren und akzeptable ökonomische und sonstige Ergebnisse nicht erprobter Techniken die traditionellen Wege verlassen würden.

Das eingangs erwähnte Großrisiko von Fehlentscheidungen, das Lovins und seine Gefährten immer wieder ins Feld führen, kann in einem Wirtschaftssystem, wie wir es haben, durch die klare Regelung der Verantwortlichkeiten begrenzt werden. Wenn die Investitionsaufgabe Energieunternehmen übertragen ist, die bekanntlich den Gewinn nicht verschmä-

hen, so werden sich diese nur dann zum Wagnis der Investition bereit finden, wenn sie ein langfristig befriedigendes wirtschaftliches Ergebnis erwarten. Prima vista besteht kein Grund für die Vermutung, daß das bestehende System mehr Fehlinvestitionen hervorbringe als irgendein anderes.

8. Einige Schlußfolgerungen

Erneut ist auf die Unsicherheit der langfristigen Prognose sowohl der Nachfrageentwicklung als auch der Bedingungen für den Ausbau des Energieangebots hinzuweisen. Der Energieverbrauch mag schon bald wieder rezessionsbedingt stagnieren. Die Anspannung in der Ölversorgung wird dann nachlassen, die Produktpreise mögen sogar zeitweilig wieder zurückgehen. Temporäre Angebotsüberschüsse und konjunkturelle »Überkapazitäten« können auch auf die anderen Energiepreise drücken. In einer solchen Situation, wie sie 1974 bis 1978 vorlag, besteht die Gefahr, daß die Anstrengungen, Öl einzusparen und zu substituieren, wo immer dies ökonomisch sinnvoll erscheint, wieder nachlassen. Die mit dem Wiederanspringen der Wirtschaftskonjunktur erfolgende erneute Anspannung des Ölmarktes beschert dann die nächste Ölkrise, möglicherweise eine noch schärfere als die, mit der wir in diesem und im nächsten Jahr fertig werden müssen.

Die Bemühungen um den effizienten Einsatz aller Energieformen und um die Substitution des Öls sollten ungeachtet kurzfristiger Marktentspannungen vorangetrieben werden. Die reifen Industrieländer sind in erster Linie aufgerufen, diese Aufgabe – unbeirrt durch kurzfristige konjunkturelle Erscheinungen – zu erfüllen; denn sie verfügen über das geistige und das sachliche Kapital, um die fortgeschrittenen kapitalintensiven Energieversorgungssysteme, die mehr und mehr die Stelle des Mineralöls einnehmen müssen, zu entwickeln und zu errichten. Sollte der Ausbau dieser Energieversorgungssysteme zeitweilig einmal schneller voranschreiten und

sollte dadurch erneut eine freie Kapazität entstehen, so darf dies nicht mit einer funktionslosen Überkapazität verwechselt werden, wie dies in den letzten Jahren in völliger Verkennung der Sachlage gegenüber der Stromversorgung behauptet worden ist. Freie Kapazitäten sind bei Nachfragewachstum unentbehrlich, sie sind ein lediglich temporäres Phänomen und außerdem überaus nützlich, weil erst sie dem gesamten Versorgungssystem die Flexibilität geben, die es benötigt, um Unvorhergesehenem wie einem unerwarteten Nachfrageanstieg oder dem Ausfall von Energieproduktionen störungsfrei begegnen zu können. Es wird heute viel zu wenig beachtet, daß die von früher her als geradezu selbstverständlich unterstellte Anpassungflexibilität des Energieangebots nicht mehr besteht. Sie muß erst wieder geschaffen werden, d. h. wir brauchen eine Beschleunigung der Investitionstätigkeit.

Mit der Aufgabe, das Energieangebot für die Befriedigung einer steigenden Nachfrage auszubauen und dabei die Substitution des Mineralöls in den Bereichen voranzutreiben, wo dies mit den niedrigsten Kosten möglich ist, sind in unserer Wirtschaftsordnung die Unternehmen betraut. Daß ihre Investitionsbereitschaft – die wichtigste Voraussetzung für die Lösung der energiewirtschaftlichen Anpassungsaufgabe – nicht verlorengeht, sollte vorrangige Sorge der Energiepolitik sein. Wer als Unternehmer zur Investition bereit ist, gehört nicht – wie heute – auf die Anklagebank, sondern er muß hierzu faktisch in die Lage versetzt werden. Das Wegräumen der Investitionshemmnisse ist die nächste Aufgabe für den Energiepolitiker. Ihre Lösung setzt eine sachgerechte Information über die langfristige Energieversorgungslage voraus. Das Referat wollte versuchen, hierzu einen Beitrag zu leisten.

Langfristige Perspektiven der 80er Jahre für die Energieversorgung der Bundesrepublik im internationalen Zusammenhang

Klaus M. Meyer-Abich

Daß »die Welt«, insbesondere die Dritte, mehr Energie brauche, ist ein beliebtes Argument dafür, auch in der Bundesrepublik in Zukunft noch wesentlich mehr Energie und vor allem Kernenergie bereitzustellen als heute. Dieses Argument ist vielfach sozusagen ingenieursmäßig gut gemeint, darüber hinaus aber leicht etwas unbedacht und unter Umständen nur ein scheinheiliger Vorwand, heimische Interessen auch weltpolitisch zu rechtfertigen. Gerade in der Entwicklungspolitik aber sind sorgfältige Begründungen besonders wichtig, weil in diesem Bereich bekanntlich nur die wenigsten Maßnahmen den Adressaten auch wirklich erreichen oder gar zu seinem eigenen Besten dienen. Wer sich lediglich darauf beruft, »die Welt« brauche mehr Energie und man solle bei uns vordringlich Kernenergie installieren, um der Dritten Welt »das Öl zu lassen«, könnte auch argumentieren: Die Welt sollte reicher werden, denn es gibt noch zu viel Armut in der Welt; also ist es gut für die Welt, wenn wir in der Bundesrepublik den unserem Entwicklungsstand entsprechenden Wohlstand mehren, oder gar: Es ist gut für die Welt, wenn der Umsatz eines bestimmten heimischen Wirtschaftszweigs steigt.

Das entwicklungspolitische Problem hat für die Bundesrepublik also erst dann Konsequenzen, wenn man sich auch überlegt hat, wie der bundesrepublikanische Energiezuwachs der Dritten Welt zugute kommen soll. Leider hat bisher noch niemand gezeigt, warum ausgerechnet der Bau kernenergetischer Anlagen in der Bundesrepublik eine wirksamere Entwicklungshilfe sein soll als viele andere fehlgeschlagene Bemühungen, der Dritten Welt zu helfen. Die Welt ist nun einmal kein Großbetrieb mit einem Vorstand, in dessen Macht und Kompetenzen es fiele zu beschließen: »In der Abteilung

Drei steht noch eine längere Durststrecke bevor – die Abteilung Eins wird beauftragt, dementsprechend folgendermaßen zu verfahren . . .«

Entwicklungspolitische Argumente zugunsten einer bestimmten heimischen Energiepolitik ins Feld zu führen, ist weniger problematisch, wenn wir uns zunächst über unsere eigenen Interessen klarwerden. Ich gehe unter diesen Umständen mehr von der Bundesrepublik aus und überlasse die Entwicklungspolitik denen, die davon etwas verstehen. Was sich meines Erachtens – alternativ zur bisherigen Entwicklung – als das längerfristige Interesse der Bundesrepublik ergibt (nämlich eine sehr weitgehende Substitution von Energieträgern durch Kapital und technisches Wissen), verbindet sich allerdings in einem sehr wesentlichen und unbezweifelbaren Punkt mit den Interessen der Dritten Welt, nämlich in der Entlastung des Mineralölmarktes, wozu die Kernenergie ja bekanntlich auf mittlere Sicht nur sehr wenig beitragen kann.

Ich zeige zunächst, daß jeder »Energiebedarf« nur ein »Restbedarf« ist, die Energiekrise also nicht im wesentlichen als eine Krise der Versorgung mit Energieträgern verstanden werden sollte. Auf dieser Grundlage läßt sich zweitens zeigen, daß unter dem Gesichtspunkt der Bedarfsorientierung – nicht der Angebotsorientierung – damit zu rechnen wäre, daß die bundesrepublikanische Nachfrage nach Energieträgern längerfristig unter der heutigen liegen wird. Daraus folgt, wie ich abschließend begründen werde, gleichwohl nicht, daß die beiden Wege bereits während der 80er Jahre auseinanderlaufen sollten. Eine Parallelität der Interessen von Kernenergiepolitik und Einsparungspolitik könnte vielmehr zu den energiepolitisch interessanteren oder sogar erfreulicheren Perspektiven dieses Jahrzehnts gehören.

1. Jeder »Energiebedarf« ist nur ein Restbedarf

Es gibt zwar eine Nachfrage nach Brennstoffen, Treibstoffen und Elektrizität, aber die Deckung dieser Nachfrage – z. B. das Öl im Keller – ist noch lange nicht der angestrebte Nutzen. Der Nutzen ist vielmehr die Deckung eines Bedarfs an Dienstleistungen wie z. B.

- der Verfügbarkeit von Kraft und Wärme in der industriellen Produktion;
- der Beweglichkeit von Personen und Gütern (z. B. als Automobilität);
- zivilisatorischer Annehmlichkeiten, wie trotz kühler Witterung nicht zu frieren oder »warmes Wasser aus der Wand« entnehmen zu können;
- der Möglichkeit von Ferngesprächen.

Darüber hinaus wünschen wir uns, daß die der Gewährleistung dieses Nutzens dienende Infrastruktur möglichst anpassungsfähig an unvorhergesehene Bedarfsentwicklungen nach oben und nach unten (!) sein soll, daß also weder Knappheiten auftreten noch Dinosauriertechnologien realisiert werden, welche der Nachwelt u. U. eine Last sind. Dies alles aber hat mit Energie nur unter anderem zu tun, und an dieses andere sollten wir uns vordringlich erinnern, wenn Energie knapp wird. Dienstleistungen der angegebenen Art erfolgen nämlich seit jeher durch eine Kombination des Einsatzes von *Energie, Kapitalinvestitionen* (z. B. Baumaßnahmen und Heizungsanlagen), *technischem Wissen* (z. B. rationelle Energieverwendung) und *Arbeit*. Dabei ist die Arbeit (z. B. das Heizen oder Radfahren) aus Bequemlichkeitsgründen heute sehr in den Hintergrund getreten, aber unter den drei anderen Faktoren spielt die Energie keineswegs eine ausgezeichnete Rolle. Im übrigen ist es kein zureichendes Verständnis von Arbeit, wenn darunter nur diejenigen Tätigkeiten verstanden werden, von denen man gern entlastet sein möchte.

Ich nenne je ein Beispiel dafür, daß Investitionen und tech-

nisches Wissen nicht weniger wichtig sind als die Verfügbarkeit von Energie, so daß die Redeweise vom Energiebedarf einseitig und ungerechtfertigt ist und statt dessen lieber von einem TEKA-Bedarf oder einer TEKA-Nachfrage (nach *T*echnologie/*E*nergie/*K*apital/*A*rbeit) die Rede sein sollte.

1. Durch bauliche Maßnahmen (›Kapital‹) wird heute schon ein großer Teil unseres sogenannten ›Energiebedarfs‹ gedeckt. Denn der Bau eines Hauses dient essentiell dazu, um innerhalb des umbauten Raums geringere Temperaturschwankungen als draußen zu haben. Der Restbedarf an Energie wiederum kann durch weitere bauliche Maßnahmen noch einmal etwa halbiert werden, und zwar nur durch architektonische Maßnahmen (noch ohne Veränderung der Heizanlage).
2. Technisches Wissen hat entscheidend dazu beigetragen, daß die eingesetzte Energie heute in vielen Fällen wesentlich besser genutzt wird als vor einigen Jahrzehnten. Auch dieses Potential ist aber noch lange nicht ausgeschöpft. Die direkte Verbrennung von Brennstoffen für Heizzwecke (mit einem Wirkungsgrad um 50%) z. B. ist ein wahrhaft *fossiles* Heizsystem und dem Stand unseres technischen Wissens in keiner Weise angemessen. Durch die Nutzung der Umweltwärme kann der energetische Restbedarf auch hier schon jetzt etwa auf die Hälfte (durch Elektro-Wärmepumpen) und demnächst vielleicht sogar auf ein Drittel (durch Gas- und Öl-Wärmepumpen) reduziert werden.

Durch eine Kombination von sinnvoller Architektur und sinnvoller Heiztechnik kann also derselbe Nutzen, in angenehm temperierten Räumen zu leben, u. U. bereits durch ein Sechstel des heutigen Energieeinsatzes gewährleistet werden, d. h. die Faktoren Kapital und technisches Wissen können über den Anteil am Zustandekommen des fraglichen Nutzens, den sie ohnehin schon hatten, in bestimmten Bereichen auch noch fünf Sechstel des bisher durch Energie gewährleisteten Anteils decken. Ähnliche Entwicklungen – Halbierungen und Dritte-

lungen des spezifischen Energieeinsatzes – gibt es auch in anderen Bereichen, z. B. im Automobilbau. Warum entdecken wir die »Energiequelle Energieeinsparung« erst jetzt in größerem Umfang?

Weil diese Einsparpotentiale vor der Ölkrise nicht in dem Umfang wie jetzt bestanden haben. Zwar ist jeder der Faktoren technisches Wissen, Energie, Kapital und Arbeit immer nur ein Restbedarf relativ zu den anderen Faktoren, aber der Restbedarf an Energie ist im Umgang das Auffälligste, weil man die Energie ständig nachkaufen muß; und solange die Energiepreise relativ zu denen der drei anderen Faktoren nicht gestiegen (sondern sogar gesunken) sind, gab es keinen Anlaß, sich Gedanken über die Substitution von Energie durch technisches Wissen, Kapital und Arbeit zu machen. Durch die Ölkrise jedoch hat sich die optimale TEKA-Kombination massiv verändert, und jetzt sollten wie uns daran erinnern, daß ein E-Bedarf immer nur eine von mehreren Komponenten des eigentlichen TEKA-Bedarfs ist, und daß es bei beträchtlich gestiegenen und in Zukunft weiter steigenden Preisen (sowie angesichts der vielfältigen sozialen Zusatzkosten eines steigenden Energieumsatzes) einzelwirtschaftlich und gesamtwirtschaftlich sinnvoll ist, den Restbedarf an Energie entsprechend zu vermindern und statt des Energiepreises teilweise lieber den des Kapitals zu zahlen.

Ich kann keine politische Weisheit darin finden, nicht die Substitutionsmöglichkeiten im Rahmen des TEKA-Komplexes, sondern die Erweiterung des Energieangebots oder gar nur die Kernenergie für das Kernproblem und die Energiekrise dementsprechend für eine Krise der Versorgung mit Energie zu halten. Energie ist immer nur ein Restbedarf.

2. *Langfristige Perspektiven einer bedarfsorientierten Energiepolitik in der Bundesrepublik*

Mit welchem Restbedarf an Energieträgern in der Bundesrepublik längerfristig zu rechnen ist, hängt außer von den Substitutionen im TEKA-Bereich im wesentlichen von der angenommenen Wirtschaftsentwicklung ab. Dabei sind Einzelannahmen über

- die Entwicklung des Sozialprodukts,
- den zukünftigen Strukturwandel,
- die Bevölkerungsentwicklung sowie
- die Entwicklung der im Sozialprodukt nicht berücksichtigten Tätigkeitsbereiche zu treffen.

a) Sozialprodukt

Was zunächst die Zunahme des Sozialprodukts angeht, so sind wir heute erheblich weniger als noch zu Beginn der 70er Jahre geneigt, mit den hohen Wachstumsraten der Nachkriegszeit auch längerfristig zu rechnen. Statt dessen wird heute in der Regel angenommen, daß die mittleren Wachstumsraten in den Industrieländern im Lauf der nächsten Jahrzehnte abnehmen werden, wobei Ausgangspunkte um 3,5% als Durchschnitt der 80er Jahre bereits eher eine programmatische als eine prognostische Qualität haben dürften. Nach unten hin gelten bereits für den Anfang des nächsten Jahrhunderts Annahmen um lediglich 1% als vernünftig.

Hinsichtlich der längerfristigen Entwicklung geht man heute meistens auch gar nicht mehr von Wachstumsraten, sondern von Annahmen über einen zukünftigen Gleichgewichts- und Sättigungszustand aus. Z. B. beruhen die Annahmen in der jetzt vorliegenden Weltenergiestudie des International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), wonach die Wachstumsrate (im Zehnjahresdurchschnitt) in den nächsten fünfzig Jahren von 4,0 oder 3,2 auf 1,5 oder 1,0% absinkt, auf

der Voraussetzung, daß das Prokopfeinkommen in der Bundesrepublik bis 2030 noch einmal um einen Faktor 3 bis 5 steigt.

Nun wäre es für den *globalen* Durchschnitt wohl bereits eine ziemlich respektable Wirtschaftsleistung, wenn das Prokopfeinkommen global in den nächsten fünfzig Jahren auf dem heutigen Niveau gehalten oder gar *verdoppelt* würde. Unter Berücksichtigung der Bevölkerungsentwicklung hieße dies nämlich, daß das Weltwirtschaftsprodukt bis 2030 etwa zweieinhalb bis fünfmal so groß wäre wie heute, und dies wäre angesichts der entwicklungspolitischen und sonstigen Probleme doch wohl bereits eine Art Weltwirtschaftswunder. Kann es nun eine vernünftige Annahme sein, daß der Wohlstand der Industrieländer *relativ* zum Weltdurchschnitt noch einmal mehr als verdreifacht wird?

Daß der Wohlstand der Industrieländer relativ zum Weltdurchschnitt noch wesentlich zunehmen wird, ist für die Entwicklung der Energieversorgung aus zweierlei Gründen keine sinnvolle Annahme. Zum einen sind Prognosen wie die hier versuchten immer nur relativ zu einer internationalen Entwicklung ohne große Krisen (Weltkriege) sinnvoll. Die Annahme einer relativ friedlichen internationalen Entwicklung wäre aber schwerlich mit der Annahme verträglich, daß das Wohlstandsgefälle zwischen armen und reichen Ländern weiterhin noch wesentlich zunehmen wird. Zum anderen müssen wir uns auch aus der nationalen Perspektive fragen, ob es angesichts der Rohstoffprobleme und sonstiger außenwirtschaftlicher Erschwerungen nicht bereits eine ziemlich optimistische Annahme wäre, daß wir unsere Spitzenposition relativ zum Weltdurchschnitt überhaupt *halten* werden. Ich gehe unter diesen Umständen davon aus, daß das BSP/Kopf in der Bundesrepublik im Jahr 2030 nicht mehr als dreimal so groß wie das heutige sein wird.

b) Strukturwandel

Weitreichende Wandlungen der Wirtschaftsstruktur haben die industrielle Wirtschaft von Anfang an begleitet. Unter Gesichtspunkten der Energiepolitik sind dabei vor allem die Perspektiven einer außenwirtschaftlichen Arbeitsteilung mit der Dritten Welt und die Entwicklung des tertiären Sektors von Interesse. Hinsichtlich der Dritten Welt wäre es wohl wiederum eine ziemlich heroische und allenfalls der politischen Beschwichtigung dienende Annahme, daß nicht zumindest die *Zuwächse* in der Wertschöpfung der *Grundstoffindustrie* auf längere Sicht in der Dritten Welt stattfinden werden. Ich nehme deshalb an, daß die Wertschöpfung der Grundstoffindustrie pro Kopf in fünfzig Jahren allenfalls so hoch sein kann wie heute, was für das Energiebudget der Industrie, das heute zu ca. zwei Dritteln der Grundstoffindustrie dient, von großer Bedeutung ist. Ich schließe mich also keineswegs der gelegentlich geäußerten Auffassung an, daß die Grundstoffindustrie im wesentlichen auswandern wird, glaube jedoch nicht, daß in diesem Industriezweig längerfristig noch inländische Wachstumschancen liegen.

Von Bedeutung für unser Energiebudget ist außerdem das relative Wachstum im *Dienstleistungs*bereich des Sozialprodukts. In einer naheliegenden energiewirtschaftlichen Interpretation der Fourastier-These, nach der in reifen Industriegesellschaften der tertiäre Sektor zunehmend Gewicht bekommt, nehme ich an, daß der Produktionswert des Sektors ›Kleinverbrauch‹ der Energiestatistik doppelt so schnell zugenommen haben wird wie der der Industrie.

c) Bevölkerungsentwicklung

Wegen der großen Zeitkonstanten in der Bevölkerungsentwicklung läßt sich für das Jahr 2030 relativ zuverlässig vorhersagen, daß in der Bundesrepublik dann noch etwa 45 ±

5 Millionen Menschen leben werden. Gegen das Eintreffen dieser Vorhersage (nach Daten des Statistischen Bundesamts) sind natürlich politische Gegenmaßnahmen möglich, jedoch im wesentlichen nur die Öffnung der Grenzen für Einwanderer, wogegen sich auch Widerstände geltend machen werden.

d) Tätigkeitsbereiche, die im Sozialprodukt nicht berücksichtigt sind

Zur Abstimmung der Wirtschaftsstatistik mit der Energiestatistik ist es eine zulässige Näherung, das Sozialprodukt als die Summe der Produktionswerte von *Kleinverbrauch und Industrie* anzusehen, also die Verkehrswirtschaft zu vernachlässigen. Während die Zunahme des Energieumsatzes der Industrie und des Kleinverbrauchs an das Sozialprodukt gekoppelt sind, bedarf es für den *Verkehr* und für die *Haushalte* also besonderer Annahmen. Ich möchte für die Energie-Vorausschätzung auch hier annehmen, daß noch mit beträchtlichen Wohlstandszunahmen zu rechnen ist, nämlich mit

- einer Zunahme der Wohnfläche von jetzt ca. 28 m^2/Person, die nur zum Teil beheizt werden, auf 40 m^2/Person, die voll beheizt werden;
- einer hundertprozentigen Verbreitung aller Haushaltsgeräte bis hin zum Wäschetrockner;
- einer Zunahme der Verkehrsleistung pro Kopf um einen Faktor 1,7 beim Individualverkehr bzw. 1,4 beim übrigen Verkehr.

Ich halte es eigentlich nicht für sehr wahrscheinlich, daß es zu diesen Wohlstandszunahmen tatsächlich noch kommt. Es sollte aber wohl nicht an einer zu restriktiven Energiepolitik liegen, *wenn* es dahin *nicht* kommt.

Um nun den energetischen Restbedarf zu ermitteln, der dem beschriebenen Wirtschaftsbild bei optimaler TEKA-Kombination (technisches Wissen, Energie, Kapital und Arbeit) entspricht, müssen noch Annahmen über die spezifi-

schen Energieumsätze bzw. die Potentiale der wirtschaftlichen Substitution von E durch T und K relativ zu heute getroffen werden, Annahmen also über ›Einsparungspotentiale‹. Hier kann ich mich relativ kurz fassen, weil dazu eine ausführliche Studie vorliegt.[1] Ich bleibe im wesentlichen bei den eher vorsichtigen und nicht überzogenen Einsparerwartungen unserer Studie.

Abweichend von der AUGE-Studie nehme ich lediglich an, daß der spezifische Energieumsatz des Verkehrs halbiert wird.[2] Im übrigen sollen die Sättigungswerte für den Sektor ›Haushalte und Kleinverbraucher‹ und die relativ niedrigen Einsparpotentiale der BMFT-Studie »Technologien zur Einsparung von Energie« gelten, wobei die letzteren in der BMFT-Studie bereits für die Jahrhundertwende angenommen werden. Über die AUGE-Studie hinaus sind allerdings noch Annahmen über Substitutionen im *Umwandlungsbereich* zu treffen, die ich hier nicht näher ausführe,[3] vor allem über den Einsatz von elektrischen Wärmepumpen in Einfamilienhäusern und von Gaswärmepumpen in Mehrfamilienhäusern sowie über das Stromerzeugungspotential durch Kraft-Wärme-Kopplung. Das Ergebnis der Rechnung ist ein *energetischer Restbedarf von unter 300 Mio t SKE Primärenergie* für die Bundesrepublik im Jahr 2030. (Zwischendurch ist selbstverständlich mit einem höheren Bedarf zu rechnen.)

1 K. M. Meyer-Abich (Hrsg.): Energieeinsparung als neue Energiequelle. Wirtschaftspolitische Möglichkeiten und alternative Technologien. München: Carl Hanser Verlag 1979.

2 J. Helling: Energiesparen im Straßenverkehr. Vortrag vor der IAA am 17. 9. 79.

3 Näheres in einer Vorlage des Verfassers für die Enquête-Kommission »Zukünftige Kernenergiepolitik« des Deutschen Bundestags. (Gemeinsam mit P. Jansen und H.-J. Luhmann.)

3. Erhaltung der Flexibilität nach oben und unten

Die Erwartung eines energetischen Restbedarfs von 300 Mio t SKE für 2030 liegt über der des Öko-Instituts[1] und unter der des IIASA, wobei der letztere Unterschied vor allem auf stärkeren Einsparungsannahmen beruht. Nun kann offenbar keines der drei Institute einen Unfehlbarkeitsanspruch für sich geltend machen. Unabhängig davon, ob die Energiepolitik der nächsten Jahrzehnte eine Öko-, AUGE- oder IIASA-Politik sein wird, bleibt also immer damit zu rechnen, daß eine andere als die eingeschlagene Politik sich als die richtige erweist. Wegen der Ungewißheit der Zukunft haben wir dementsprechend nicht nur einen Bedarf an Energie, technischem Wissen und Kapital, sondern nicht zuletzt auch einen Bedarf an *Flexibilität* zur Anpassung an unvorhergesehene Entwicklungen.

Um ein Beispiel zu nennen: Wenn wir in den 80er Jahren und in der ersten Hälfte der 90er Jahre zur Kernenergiepolitik der 60er Jahre zurückfinden und sie konsequent verfolgen, dann aber feststellen würden, daß es für das Jahr 2030 doch eher auf die Öko-Prognose hinausläuft, sollten die beschäftigungspolitischen und sonstigen Struktureffekte eines solchen Kurswechsels nicht so gravierend sein, daß wir schließlich lieber unsere Bedürfnisse dem Energiesystem als das Energiesystem unseren Bedürfnissen anpassen. Sollte *umgekehrt* in den 80er Jahren – was m. E. politisch ebenso unwahrscheinlich ist wie eine konsequente Kernenergiepolitik, denn alle Lippenbekenntnisse zur Energieeinsparung laufen darauf hinaus, es auch bei den Lippenbekenntnissen bewenden zu lassen – eine konsequente Einsparungspolitik oder TEKA-Substitutionspolitik stattfinden, die längerfristige Entwicklung Mitte der 90er Jahre aber doch eher auf das IIASA-Bild des Jahres 2030

1 F. Krause: Energieversorgung der Bundesrepublik ohne Kernenergie und Erdöl. Freiburg: Öko-Institut 1979.

hindeuten, würde man sich ebenfalls wünschen, daß bis dahin möglichst keine Entscheidungen für das Jahr 2030 gefallen sind, die eine entsprechende Reorientierung der Energiepolitik so sehr erschweren, daß es ebenfalls die einfachere Lösung wäre, wiederum unsere Bedürfnisse dem Energiesystem anzupassen und nicht umgekehrt.

Nun ist - zumindest nach den Prognosen von IIASA und AUGE - zwischenzeitlich mit höheren Energieumsätzen zu rechnen als heute. Insbesondere wird der Energiebedarf in den 80er Jahren zweifellos noch steigen, die Deckung dieses Bedarfs aber sehr gefährdet sein. Die einzige Möglichkeit, unsere einseitige Abhängigkeit von Mineralöllieferungen schon in den 80er Jahren nachhaltig zu vermindern, ist eine forcierte *Einsparungs*politik, die jedoch keineswegs dirigistisch zu sein braucht. Es sieht darüber hinaus so aus, daß auch die Stromversorgung in den 80er Jahren nicht ohne zusätzliche *Kernkraft*werke sichergestellt werden kann. Wenn *beides* zutrifft, ist es im kurzfristigen Interesse - nämlich für die Energieversorgung der 80er Jahre - geboten, bis auf weiteres *beide Optionen offenzuhalten.* Dieselbe Konsequenz ergibt sich aus dem vorher genannten Flexibilitätsargument jedenfalls bis zur Mitte der 90er Jahre.

Die politische Realität ist demgegenüber, daß beide Optionen *blockiert* sind und daß zumindest die kernenergetische Option so auf die Dauer schwerlich offengehalten werden kann. Die Energiequelle Energieeinsparung leidet unter der Stagnation nur deshalb weniger, weil sie bisher noch nie besser geachtet worden ist. Diese Stagnation schadet uns allen. Ich möchte demgegenüber die Frage stellen, ob diejenigen, die in der Energiepolitik eher *angebotsorientiert* denken und sich vor allem für einen Ausbau der Kernenergie einsetzen, sich mit denjenigen, die eher *bedarfsorientiert* denken und sich vor allem für die Energiequelle Energieeinsparung einsetzen, nicht darauf verständigen könnten, daß

- eine forcierte Politik der Substitution von Energie durch

Kapital und technisches Wissen im Hinblick auf die Unsicherheit der Mineralölmärkte für die 80er Jahre notwendig ist *und daß auch in der Kernenergiepolitik die Stagnation allenfalls dann zu überwinden ist, wenn diejenigen, die sich primär für die Kernenergie einsetzen* (bis hin zum Bundeskanzler), *sich nicht mehr mit Recht vorwerfen lassen müssen, der andere Weg sei ja nie ernsthaft versucht worden;*
- ein Verzicht auf die Option Kernenergie bis auf weiteres nicht zu verantworten ist.

Die politische Stagnation der Einsparungspolitik und der Kernenergiepolitik je für sich braucht nicht zu bedeuten, daß beide miteinander auch stagnieren müßten, und darin liegt vielleicht eine der energiepolitisch interessanteren Perspektiven der 80er Jahre.

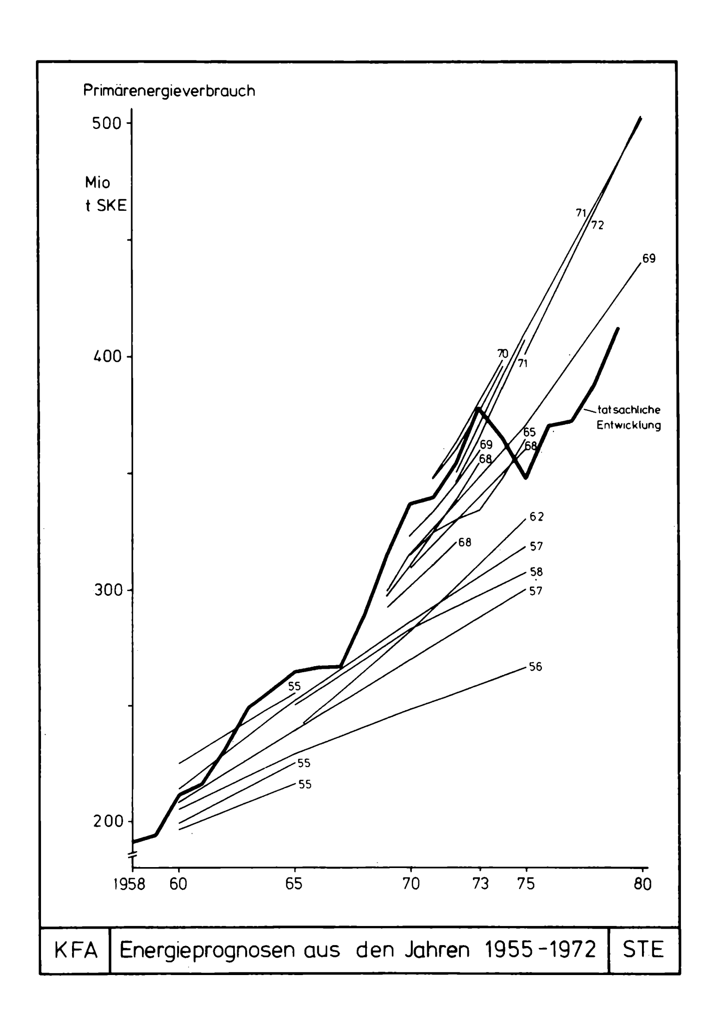
Möglichkeiten und Grenzen von Energieprognosen

Alfred Voss

Der Beginn eines neuen Jahrzehnts, wie wir ihn gerade hinter uns gebracht haben, ist traditionell für viele Anlaß, sich über die vor uns liegende Zukunft Gedanken zu machen, aber auch auf das zurückzublicken, was uns das »alte« Jahrzehnt beschert hat, um zu überprüfen, ob es die Erwartungen und Wünsche erfüllt hat, und ob die in dem verflossenen Zeitraum erstellten Prognosen und Projektion sich bewahrheitet oder zumindest als brauchbar erwiesen haben. Daß eine derartige Überprüfung für die Prognostiker in der Regel wenig erfreulich ist, gilt sicher nicht nur für die gerade abgelaufenen siebziger Jahre, die wie Thomas von Randow in seinem ZEIT-Artikel »Wie sich die Zukunftsforscher täuschten« resümierte, kein Ruhmesblatt für die Prognostiker waren. Sein Fazit über die Prognosen der sechziger und siebziger Jahre lautete: »Der Zukunftsrummel des letzten Jahrzehnts ist vorüber, die Zeit der Futurologen läuft ab: Prognosen, Planspiele, Szenarios und Weltmodelle – Ein Rückblick zeigt: Es kam alles ganz anders als gedacht. Auch die Propheten waren nur Gefangene ihrer Gegenwart.« Für die Betroffenen ist da auch der Ausspruch von Georg Christian Lichtenberg, »daß keine Klasse von Stümpern von den Menschen nachsichtiger behandelt wird als die prophetische«, wenig tröstlich.

Tatsächlich sind, was die Treffsicherheit anbelangt, die Energieprognosen nicht die berühmte Ausnahme von der Regel, wie Bild 1 veranschaulicht, in dem eine Reihe von Energieprognosen aus den Jahren 1955 bis 1972 der tatsächlichen Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland gegenübergestellt sind. Die Zahlen geben dabei jeweils das Erscheinungsjahr der Prognose an. Die in den fünfziger und zu Beginn der sechziger Jahre veröf-

Bild I


Primärenergieverbrauch
500
Mio
t SKE
400
300
200
1958
60
65
70
73
75
80
71
72
69
70
71
tatsächliche
Entwicklung
65
69
68
68
68
62
57
58
57
56
55
55
55
KFA
Energieprognosen aus den Jahren 1955-1972
STE

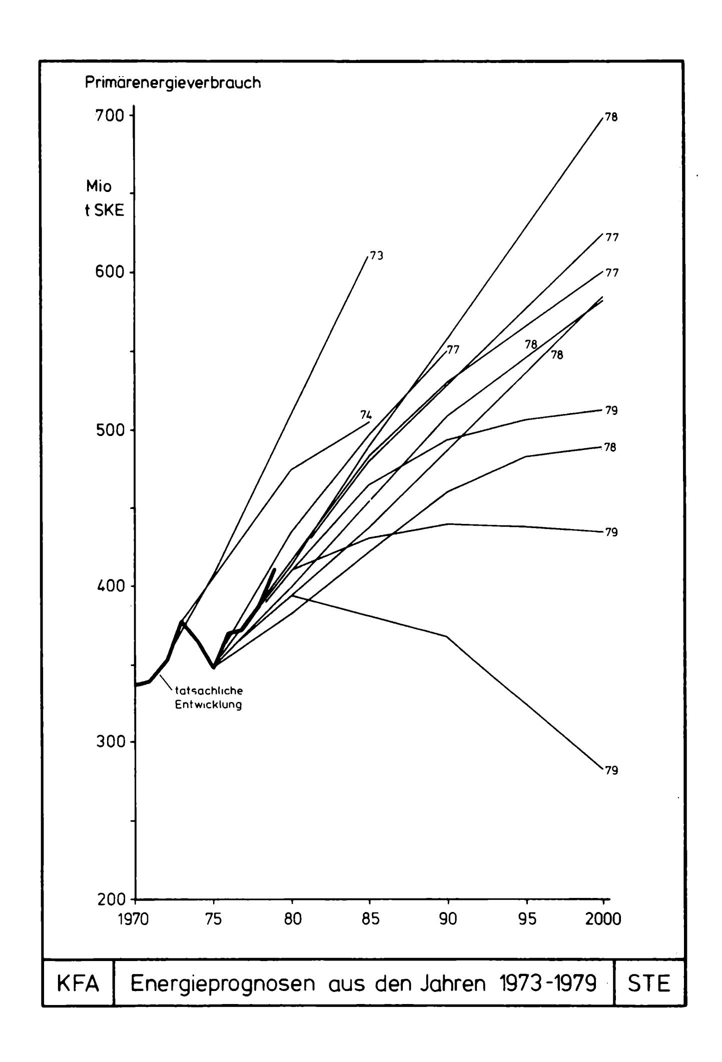
fentlichten Vorhersagen haben systematisch das zukünftige Wachstum des Primärenergieverbrauchs unterschätzt, während die Prognosen aus den späten sechziger und zu Anfang der siebziger Jahre natürlich die sog. Ölkrise des Jahres 1973 und die durch sie ausgelöste wirtschaftliche Rezession nicht vorausahnen konnten und somit zu überhöhten Verbrauchsschätzungen führten.

Man kann heute schon feststellen, daß auch den in den letzten Jahren erstellten Prognosen, trotz eines erheblichen größeren Aufwandes und der teilweisen Nutzung von Computern, kein grundsätzlich größerer Erfolg beschieden sein wird, wie aus Abb. 2 ersichtlich ist. Ansonsten dürften Unterschiede von mehr als einem Faktor zwei in der Schätzung des Primärenergieverbrauchs für das Jahr 2000 nicht auftreten. Die in Abb. 2 gegenübergestellten Energieprognosen sind allesamt nach der sog. Ölkrise erstellt worden. Zur Ehrenrettung der Autoren dieser »Prognosen« sei aber angemerkt, daß es sich in den meisten Fällen ausdrücklich um bedingte, auf bestimmten Grundannahmen aufbauende Schätzungen und um Szenarien, also eine unter mehreren denkbaren Zukunftsentwicklungen, handelt.

Beide Abbildungen gemeinsam machen uns vor allem eins deutlich, nämlich wie stark wir in unseren Gedanken um Zukünftiges jeweils der Gegenwart verhaftet sind. Waren es in den fünfziger Jahren die Zerstörungen des Zweiten Weltkrieges, die die Vorstellung von einem raschen Wiederaufbau und einem bevorstehenden Wirtschaftswunder wenig plausibel erschienen ließen, so war die Einschätzung der Zukunft in den sechziger Jahren von einem nahezu unbegrenzten Glauben an den wirtschaftlichen und technischen Fortschritt gekennzeichnet, der sich dann in Energieverbrauchsprognosen niederschlug, die deutlich über der tatsächlichen Entwicklung lagen.

Die sog. Ölkrise und – in ihrer Folge – die permanenten Probleme der Energieversorgung, die Diskussion über die Grenzen des Wachstums sowie die aufkommende allgemeine

Bild II


Primärenergieverbrauch
Mio
t SKE
700
600
500
400
300
200
1970
75
80
85
90
95
2000
73
74
77
78
77
77
78
78
79
78
79
79
tatsächliche
Entwicklung
KFA
Energieprognosen aus den Jahren 1973-1979
STE

Kritik an der Technik und der um sich greifende Kulturpessimismus waren sicher einige Ursachen für den sich in den letzten Jahren abzeichnenden Trend zu immer geringeren Energieverbrauchsschätzungen.

Trotz dieser keineswegs positiven Erfahrungen der letzten Jahre und Jahrzehnte hat gerade in jüngster Zeit die Forderung nach verläßlichen Informationen über die Zukunft, insbesondere im Energiebereich, stark zugenommen. Die wohl wesentlichsten Ursachen hierfür sind

- die immer schneller ablaufenden Veränderungen in der technologischen Umwelt,
- die weitreichenden negativen Auswirkungen bestimmter technischer und politischer Entwicklungen,
- die zunehmende Erfahrung, daß viele Probleme derart miteinander verflochten sind, daß sie nicht isoliert voneinander gelöst werden können und
- eine zunehmende politische Verunsicherung darüber, wie das dringendste Energieproblem, die Reduzierung unserer Ölabhängigkeit, gelöst werden kann.

Gerade in einer derartigen Situation, in der besonders hohe Ansprüche und Erwartungen an Energieprognosen gestellt werden, ist es nützlich, sich über die Möglichkeiten und Grenzen von ›Prognosen‹ oder – im weiteren Sinne – von ›Zukunftsanalysen‹ Klarheit zu verschaffen.

Ich will deshalb im folgenden einige grundsätzliche Überlegungen zu diesem Problemkreis anstellen und es mir bewußt ersparen, auf die verschiedenen Prognoseverfahren einzugehen oder den Versuch zu unternehmen, Licht in den herrschenden Begriffswirrwarr von Prognose, Projektion, Vorausschätzung, Vorhersage und Szenario zu bringen.

Lassen Sie mich an den Anfang meiner Ausführungen eine These stellen, die lautet:

»Im Rahmen rationaler Analysen zur Energiepolitik und Energieplanung sind ›Prognosen‹ im umgangssprachlichen Wortsinn nicht brauchbar, da ›die‹ Zukunft nicht vorhersagbar ist.«

Um aufkommenden Mißverständnissen gleich vorzubeugen, will ich erläutern, was ich damit meine. Die zuvor gezeigte Gegenüberstellung verschiedener Energieprognosen mit der tatsächlichen eingetretenen Entwicklung – wobei diese nur exemplarisch für alle Vorhersagen stehen – hat gezeigt, daß das Unterfangen, die Zukunft, verstanden als die ›tatsächlich eintretende Entwicklung‹ quantitativ exakt vorherzusagen, nicht möglich war, wobei gelegentliche Treffer wohl rein statistisch begründet sind. Der Anspruch, die Zukunft vorherzusagen, erscheint mir vor allem aus zwei Gründen suspekt. Einmal, weil man damit unterstellt, daß die Zukunft etwas ist, was quasi hinter der nächsten Bergkette bereits vorgefertigt vorliegt, auf das wir also keinen Einfluß haben. Und zweitens, weil er eine Gewißheit postuliert, die a priori nicht existieren kann und unter der Illusion von Gewißheit zu entscheiden, erscheint mir weitaus gefährlicher, als Entscheidungen im vollen Bewußtsein von Ungewißheit zu treffen.

Daß die Zukunft in diesem Sinne nicht vorhersehbar ist, heißt also weder, daß die Zukunft unabänderlich vorgezeichnet ist und nicht von uns beeinflußt werden kann, noch daß, da wir über die Zukunft nichts Genaues wissen können, wir die Hände in den Schoß legen und die Probleme auf uns zukommen lassen müssen.

Da wir durch unsere heutigen Entscheidungen, Aktionen und Unterlassungen, die Zukunft mitgestalten, ist die Beschäftigung mit der Zukunft, die Analyse möglicher zukünftiger Entwicklungen, nicht nur im Energiebereich eine unabdingbare Notwendigkeit. Wobei die Art und Weise, wie wir uns mit der Zukunft beschäftigen, welche Fragen wir an die Zukunft stellen, davon bestimmt wird, was wir mit dem Wissen über die Zukunft anfangen wollen.

Wozu also brauchen wir im Bereich der Energiewirtschaft und Energiepolitik Informationen über die Zukunft? Die Antwort hierauf lautet, um unsere heutigen Entscheidungen auf eine rationalere Basis zu stellen. Das Ziel ist also nicht eine

Prognose über die Energiebedarfsentwicklung oder die Dekkungsbeiträge einzelner Energieträger, auch nicht die Festlegung von Entscheidungen in der ferneren Zukunft, sondern wie Hanssmann es formuliert hat, »die Festlegung der nächsten Entscheidungsschritte unter Berücksichtigung der langfristigen Zukunft, d. h. unter möglichster Sicherstellung der Tatsache, daß die nächsten Schritte zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt nicht zu bereuen sein werden«.

Die Notwendigkeit, sich im Rahmen heutiger energiewirtschaftlicher und energiepolitischen Entscheidungen auch mit der ferneren Zukunft auseinanderzusetzen, ergibt sich dabei allein daraus, daß heutige Entscheidungen im Energiebereich entweder erst langfristig wirksam werden oder Auswirkungen auf lange Zeit haben. So schafft z. B. der Bau eines Kraftwerks Fakten für einen Zeitraum von 20 bis 30 Jahren und die langen Entwicklungszeiten neuer Energietechniken erfordern z. B. im Bereich der Forschungsförderung Entscheidungen, die erst Jahrzehnte später einen nennenswerten Einfluß auf die Struktur der Energieversorgung haben können.

Weit in die Zukunft reichende Betrachtungen waren immer mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Dennoch kann man wohl mit einiger Berechtigung feststellen, daß gerade in jüngster Zeit die Unsicherheit zu einem dominierenden Element der gegenwärtigen Situation geworden ist, so daß mancher Energieplaner mit Wehmut an die Zeiten zurückdenkt, wo die Annahme einer Verdopplung des Stromverbrauchs in zehn Jahren sich als eine brauchbare Planungsgrundlage erwies, die aber auf der anderen Seite, gerade weil sie sich lange als brauchbar erwies, eine Sicherheit vortäuschte, die nicht gegeben war.

Heute jedoch werden uns die Risiken und Unwägbarkeiten der Energieversorgung fast täglich demonstriert und die jüngsten Ereignisse im Iran sind nur ein Beispiel dafür. Der Preis und die Verfügbarkeit von Erdöl ist in dem gleichen Maße unsicher wie es die internationalen Beziehungen sind. Der

zukünftige Ausbau der Kernenergie ist unklar, gleiches gilt für die Rolle der Kohle, dem einzigen heimischen Energieträger, der im nennenswerten Umfang vorhanden ist. Ein weiteres Wachstum des Bruttosozialproduktes wird nicht mehr automatisch als eine wünschenswerte Entwicklung angesehen, was die zu betrachtenden Bandbreiten möglicher Energiebedarfsentwicklungen erheblich vergrößert. Und wenn ich die gerade beginnende Diskussion über alternative Lebensformen richtig deute, so werden auch die bisher gültigen gesellschaftlichen Werte und Wertordnungen in Frage gestellt, was sicher nicht ohne Auswirkungen auf die Energieversorgung und damit auf die Energiepolitik bleiben kann.

All dies deutet darauf hin, daß energiepolitische und energiewirtschaftliche Entscheidungen einen neuen Grad an Komplexität und Dringlichkeit erlangt haben; daß der Weg in die energetische Zukunft zunehmend unschärfer und weniger klar erkennbar geworden ist. Wenn wir aber wissen, daß die Sicht auf dem Weg vor uns durch Nebel behindert oder gar völlig eingeschränkt ist, ist es da nicht besser, sich auf mögliche Abzweigungen, Hindernisse und schlechte Wegstrecken, die vor uns liegen können, vorzubereiten und z. B. Vorsorge zu treffen, um zwischen alternativen Routen wählen zu können, wenn solche deutlicher sichtbar werden sollten? Dies bedeutet aber nichts anderes, als die bestehenden Unsicherheiten und Risiken verstärkt in unsere Entscheidungsfindung mit einzubeziehen.

Die Fragen, auf die es Antworten zu geben gilt, lauten also beispielsweise nicht

- wie hoch wird der Energieverbrauch im Jahre 2000 sein, oder
- wieviel Kernkraftwerke werden wir im Jahre 2010 haben,

sondern welche energiepolitischen Maßnahmen und Entscheidungen sind heute notwendig, um angesichts der bestehenden Unsicherheiten und Risiken und angesichts divergierender Vorstellungen über die anzustrebenden Ziele, die Vorausset-

zungen zu schaffen und die Entwicklung einzuleiten, welche die für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung unserer Gesellschaft notwendige Energieversorgung gewährleisten. Gefragt sind also keine Prognosen, die auch, wenn sie mit noch so großer Sorgfalt erstellt worden sind, die in der Zukunft liegende Ungewißheit nicht beseitigen können, sondern notwendig ist das, was ich eine »systematische Zukunftsanalyse« nennen möchte.

Eine Analyse, die Basis sein kann für die notwendigen energiepolitischen und energiewirtschaftlichen Entscheidungen, die zu einem Energiesystem führen, das flexibel genug ist, sich neuen Gegebenheiten und Anforderungen anzupassen, die heute nur unklar erkennbar sind, und das die nötige Stabilität aufweist, um Störungen, die in ihrem Zeitpunkt und Ausmaß nicht vorhersehbar sind, zu überwinden. Eine Analyse der Zukunft, die dies leisten kann, erfordert natürlich die Berücksichtigung einer Vielzahl technischer, ökonomischer, ökologischer, sozialer und institutioneller Faktoren, die Einfluß auf die Entwicklung der Energieversorgung haben, wodurch die Aufgabe sicher nicht leichter wird.

In den letzten Jahren sind nun Instrumente entwickelt worden, die hierzu einen wichtigen Beitrag leisten können.

- Sie können die komplexen Strukturen der Energieversorgung widerspruchsfrei abbilden und ermöglichen damit die Konsequenzen verschiedener energiepolitischer Maßnahmen wie z. B. zur Energieeinsparung quantitativ zu ermitteln.
- Sie ermöglichen die Berechnung der »Trade-offs« konfliktärer Ziele, wie z. B. zwischen der Forderung nach einer kostengünstigen und einer sichereren Energieversorgung.
- Sie ermöglichen die Quantifizierung des Einflusses unsicherer Entwicklungen auf die Energieversorgung, wie z. B. die unterschiedlicher gesamtwirtschaftlicher Entwicklungen auf die Nachfrage nach Energie,
- und nicht zuletzt ermöglichen sie die Identifizierung sog.

»robuster« nächster Schritte, worunter diejenigen Entscheidungen zu verstehen sind, die sich über einen weiten Unsicherheitsbereich der Einflußfaktoren als notwendig und sinnvoll erweisen.

Um hier nicht zu große Hoffnungen zu wecken, möchte ich gleich anmerken, daß natürlich die von mir hier geforderte »systematische Zukunftsanalyse« keine Patentrezepte zur Lösung unserer Energieprobleme liefern kann. Sie kann weder die Unsicherheit bezüglich der zukünftigen Entwicklungen reduzieren noch den sog. Entscheidungsträgern die Entscheidung, das Abwägen von Nutzen und Risiko abnehmen. Sie vermag auch wenig gegen ideologisch motivierte Ziele und Wertvorstellungen in der Energiepolitik auszurichten.

Sie ermöglicht es jedoch, sich stärker als bisher gegen Unvorhergesehenes zu wappnen, vielleicht kann sie auch im beschränkten Ausmaß zwischen den divergierenden Vorstellungen, wie unsere Energieversorgung langfristig aussehen soll, im Sinne eines Konsenses über die heute notwendigen Aktionen vermitteln und sie kann dazu beitragen, das Schlagwort vom »Offenhalten der Optionen« als konkrete Energiepolitik zu praktizieren.

Meine Damen und Herren, die heutigen Energieprobleme sind durch Langfristigkeit, Komplexität und Unsicherheit gekennzeichnet. Ich habe versucht, deutlich zu machen, daß zu ihrer Lösung eine Analyse möglicher energetischer Zukünfte und ihrer Konsequenzen eine notwendige Voraussetzung sind. Dabei geht es weniger um die Erstellung von Prognosen als um eine möglichst umfassende Beschreibung der Auswirkungen alternativer Entwicklungen mit dem Ziel, diejenigen Entscheidungen und Maßnahmen zu identifizieren, die heute notwendig sind, um trotz unterschiedlicher Zielsetzungen die Energieversorgung in der Zukunft zu sichern. Der expliziten Berücksichtigung der Unsicherheit und Ungewißheit kommt dabei eine zentrale Rolle zu.

Sollte dies gelingen, so wird zwar die Zukunft immer noch

Überraschungen für uns parat haben, vielleicht aber dann zunehmend solche, die wir heute schon als Möglichkeit in Erwägung gezogen haben und für die bereits Vorsorge getroffen wurde.

Energie für die Dritte Welt

Omar Sirry

Als im Jahre 1973 der Ölpreis von den Förderländern erhöht wurde, konnte niemand die sich allmählich entwickelnden Schwierigkeiten vorausahnen, denen die verschiedenen Volkswirtschaften der Welt heute gegenüberstehen. Sowohl die Industrieländer als auch die Länder der Dritten Welt sind zutiefst besorgt über die sich abzeichnenden gefahrvollen Aussichten, und der Suche nach angemessenen Mitteln und Wegen zu Sicherstellung ihrer Energiezukunft wird überall Vorrang eingeräumt.

Für alle ölimportierenden Länder, ob entwickelt oder in der Entwicklung begriffen, wurde es zu einer grundsätzlichen Frage, kurzfristig gesehen, wie das Defizit, das durch die ständig steigenden Ölpreise entstand, zu finanzieren ist, und langfristig, was zu tun sei, um den Energiebedarf neu zu strukturieren, um ihn damit auf Energieträger umzustellen, die wirtschaftlich weniger trügerisch und politisch zuverlässiger sind als Öl.

Während sich in der industrialisierten Welt trotz höherer Mineralölpreise das Wirtschaftswachstum ständig fortgesetzt hat, wenn auch in geringerem Maße als früher, so blieben die Möglichkeiten der Entwicklungsländer, ihre wenig solide Wirtschaft solchen anhaltenden Preiserhöhungen anzupassen, äußerst begrenzt.

Ihr Defizit stieg von 7 Milliarden $ im Jahre 1970 auf etwa 21 Milliarden im Jahre 1976 und erreichte 1979 fast 35 Milliarden. Als Ergebnis dieser zusätzlichen Belastungen waren sie gezwungen, ihre Entwicklungsziele zu überprüfen, den wirtschaftlichen und sozialen Fortschritt zu bremsen, wenn nicht sogar zu verzögern.

Die Dritte Welt besteht aus einer Gruppe einander sehr

unähnlicher Länder, die über ein unterschiedliches wirtschaftliches und soziales Niveau verfügen und auf verschiedenen Stufen der Entwicklung und Infrastruktur stehen.

Es hat viele Versuche gegeben, diese Länder zu kategorisieren. Derjenige des Brookhaven National Laboratory scheint mir am passendsten. Danach wurden die Entwicklungsländer wie folgt unterteilt, wobei die OPEC-Entwicklungsländer – aus einleuchtenden Gründen – unberücksichtigt blieben:

1. Industrialisierte Länder wie Brasilien, Südkorea, Spanien und Jugoslawien. In diesen Ländern nimmt die Industrie, prozentual am Buttosozialprodukt gemessen, den größten Sektor ein.
2. Nicht zur OPEC gehörende Ölexportländer, wie Mexiko, Oman und Ägypten. Es ist zu beachten, daß sich die Gruppe dieser Länder mit der erfolgreichen Suche nach Ölvorkommen möglicherweise vergrößern wird.
3. Volkswirtschaften mit ausgewogenem Wachstum, zu denen Indien, die Türkei und Pakistan gehören. In diesen Staaten ist der Industriebereich verhältnismäßig entwickelt, dominiert aber nicht in seinem Anteil am Bruttosozialprodukt.
4. Hauptexportländer, wie Marokko und Zaire, in denen Mineralien die Masse der Gesamtausfuhr ausmachen und einen bedeutenden Beitrag zum Bruttosozialprodukt leisten.
5. Die letzte und der Zahl nach stärkste Gruppe der Länder, in denen die landwirtschaftliche Produktion deutlich das Bruttosozialprodukt bestimmt. Es handelt sich dabei gleichzeitig um exportierende und landwirtschaftliche Volkswirtschaften.[1]

Bei den fortschrittlichen Entwicklungsländern aller Gruppen finden wir zwei verschiedene Formen der Energiewirtschaft, einen modernen industriellen Verbrauchersektor, versorgt

1 Energiebedarf, Nutzung und Ressourcen in Entwicklungsländern – Brookhaven National Laboratory Developing Countries Energy Program, März 1978.

durch kommerzielle Energieträger, wie Öl, Gas oder Kohle, und den ländlichen Sektor, der seinen Energiebedarf durch nichtkommerzielle Träger deckt, z. B. Holz, landwirtschaftliche Rückstände, tierische Abfälle, manchmal sogar durch tierische Zugkraft und menschliche Körperkraft. In den Entwicklungsländern mit dem niedrigsten Einkommen ist der Transportsektor mit bis zu 70% der größte Verbraucher kommerzieller Energie, gefolgt von der Industrie mit etwa 20%. Dieses Verhältnis ändert sich entscheidend, wenn wir aus einer Gruppe in die nächste gehen.

Die Bevölkerung aller Entwicklungsländer zusammen stellt fast 70% der gesamten Weltbevölkerung, verbraucht aber nur ungefähr 15% der weltweiten kommerziellen Energie. Drei Viertel dieser 15% werden von nur 16 Entwicklungsländern konsumiert. Der durchschnittliche Prokopfumsatz von Energie in den Entwicklungsländern beträgt 0,2 kW, der Weltdurchschnitt liegt bei etwa 1 kW, der europäische bei 5 kW und in den USA erreicht er sogar die Höhe von 11 kW.

Statistische Erhebungen der Weltbank[1] veranschlagen den Energieverbrauch aller nicht der OPEC zugehörigen Entwicklungsländer für das Jahr 1955 auf 2,54 Mill. Barrels Öl-Äquivalent pro Tag. 1970 war der Verbrauch auf 6,77 Millionen Barrels Öl-Äquivalent gestiegen, was eine Steigerungsrate von 11% pro Jahr bedeutet.

Der Anteil jeder einzelnen Energieart am Gesamtumsatz für die Jahre 1955 und 1970 war wie folgt: Erdöl stieg von 64 auf 68%, Kohle sank von 31 auf 22%, Erdgas erhöhte sich von 3 auf 7% und Hydro- und Atomenergie von 2 auf 3%. Damit stieg der Anteil von Öl und Erdgas zusammengenommen um eindrucksvolle 8% am Gesamtenergieverbrauch.

Da Öl zu Billigpreisen zur Verfügung stand, wurde es zur Hauptenergiequelle für die Entwicklungsländer, und keine

1 Weltbank, Energie und Erdöl in Nicht-OPEC-Entwicklungsländern 1974–1980

andere einheimische Energieart wurde eingehend erforscht und entwickelt wegen der damit verbundenen hohen Kosten. Der Grad der Abhängigkeit vom Öl wuchs daher in diesen Ländern in so entscheidendem Maße, daß es in mehr als der Hälfte dieser Staaten fast 90% der kommerziellen Energie ausmacht.

Wenig statistisches Material existiert über den Bedarf und das Versorgungsmuster von nichtkommerziellen Energiearten. Sie sind jedoch von relativ großer Bedeutung für die menschlichen Grundbedürfnisse, da man von der Annahme ausgeht, daß 2 ½ Milliarden Menschen in der Welt auf diese traditionellen Energieformen angewiesen sind, sei es zum Kochen, Heizen oder für die Beleuchtung. In Ägypten lieferten im Jahre 1975 nichtkommerzielle Energieformen etwa 32% der gesamten verbrauchten Energie. In Indien werden etwa zwei Drittel des Energieumsatzes aus nichtkommerziellen Energieträgern gespeist. In einigen wenigen Entwicklungsländern kann das Verhältnis von kommerzieller zu nichtkommerzieller Energie sogar 1 zu 9 betragen.

Die Nutzung von nichtkommerziellen Energievorräten wie Holz, oder Tier- und Pflanzenabfällen durch die meist in ländlichen Gebieten lebende Bevölkerung der Dritten Welt bringt zwei Probleme mit sich: Erstens, die erhebliche Verschwendung dieser Vorkommen durch ungenügende Ausnutzung. Häufig wird auf dem Lande über offenem Feuer gekocht, und es wurde ausgerechnet, daß nahezu 95% der erzeugten Energie dadurch ungenutzt verlorengeht.

Zweitens, die Auswirkungen, die sich durch unkontrollierte Suche nach Brennmaterial auf die natürliche Umwelt ergeben. Die zunehmende Verknappung von Brennholz erreicht in manchen Teilen der Dritten Welt, ob in Afrika, Asien oder Lateinamerika, alarmierende Ausmaße. In einigen Entwicklungsländern sind fast 90 % der Bevölkerung auf Holz angewiesen, um ihren Bedarf zum Kochen oder Heizen zu decken. In den seltensten Fällen wird das Holz gekauft, viel häufiger

wird es einfach dort gesammelt, wo man es findet. Es wird behauptet, daß als Folgeerscheinung dieser manchmal intensiven Suche nach Holz die Hauptstadt von Obervolta von einem völlig entwaldeten Gebiet mit einem Durchmesser von 140 km umgeben ist.

In manchen Entwicklungsländern wird Tierdünger als Brennmaterial benützt. Auch das hat einen negativen Einfluß auf die Ökologie, da man somit dem landwirtschaftlich genutzten Boden den so dringend benötigten natürlichen Dünger entzieht, der einen angemessenen Ernteertrag gewährleisten würde.

Das Verhältnis von kommerziellen zu nichtkommerziellen Brennstoffen wird vom Grad des wirtschaftlichen Wachstums eines Entwicklungslandes diktiert. Je höher das Wirtschaftswachstum, desto mehr ist das Land auf kommerzielle Energie angewiesen. Der Anteil der nichtkommerziellen Energie am Gesamtenergieverbrauch nimmt somit ab, obwohl die Nutzung nichtkommerzieller Brennstoffe auf einer wissenschaftlich und wirtschaftlich vernünftigen Grundlage durchaus in ländlichen Gebieten noch zunehmen könnte.

Das Problem für die Entwicklungsländer ist daher zweifach: wie können sie ihren wachsenden Bedarf an kommerzieller Energie decken, wenn gleichzeitig die steigende Nachfrage nach Öl in der industrialisierten Welt den Ölpreis ständig hochtreibt, und wie können sie ihrer Landbevölkerung erneuerbare Energiequellen zur Verfügung stellen, die deren Grundbedürfnisse befriedigen. Die Ernsthaftigkeit dieses Problems wird verschärft durch die Tatsache, daß im Jahre 2000 weitere 2 Milliarden Menschen zu den bereits jetzt vorhandenen 4 Milliarden auf der Welt hinzugezählt werden müssen. Die Mehrheit davon wird in den Entwicklungsländern geboren werden.

Bei der Suche nach einer Antwort auf diese Frage möchte ich kurz die verschiedenen Energiequellen und die Möglichkeiten, die sie bieten, erwähnen:

1. Erdöl und Erdgas

Man schätzt, daß der voraussichtliche Bedarf an kommerzieller Energie der Nicht-OPEC-Entwicklungsländer von 9,1 Millionen Barrels Öl-Äquivalent pro Tag im Jahre 1975 auf 26 Millionen Barrels Öl-Äquivalent im Jahre 2000 ansteigen wird, was einer Steigerungsrate von 4,3% jährlich gleichkommt. Der angenommene Ölbedarf dieser Länder wird im Jahre 2000 wahrscheinlich bei 18 Millionen Barrels täglich liegen, was etwa dem derzeiten Verbrauch der Vereinigten Staaten von Amerika entspricht.

Die Experten scheinen sich allgemein darüber einig zu sein, daß Erdöl in ausreichenden Mengen zur Deckung der Weltnachfrage bis zum Jahre 2000 vorhanden sein wird, und daß danach die Förderung abnehmen wird. Die Jahrhundertwende bezeichnet somit den letzten Zeitpunkt, da Wirtschaftler, Wissenschaftler und Techniker die neue Energiestruktur eingesetzt haben müssen, in der Öl nicht mehr die vorherrschende Rolle, die es heute noch hat, einnimmt. Das gilt sowohl für Industrie- als auch für Entwicklungsländer, mit Ausnahme der Ölförderländer mit großen Reserven.

Um diese Zeitspanne zu überbrücken, wird die Erforschung neuer Ölquellen intensiviert. Experten sind der Ansicht, daß rund 50% der möglicherweise noch unentdeckten Ölreserven in nicht zur OPEC gehörenden Entwicklungsländern liegen. Sie sind sicher, daß eine Zunahme der Dichte der Bohrungen die Entdeckung neuer Vorkommen oder die Neutaxierung bereits bekannter Reserven zur Folge haben wird.

Eine weitere positive Entwicklung betreffend der Öllage könnte zweifellos in der erklärten Absicht der Industrieländer gesehen werden, ihre Nachfrage nach Erdöl einzufrieren, um sie dann auch einzuschränken. Sobald sie tatsächlich damit beginnen, wesentlich vom Öl abzugehen, werden es die Länder der Dritten Welt leichter haben, ihren eigenen wachsenden Bedarf zu befriedigen, besonders da ihre Energieumstruk-

turierung aus bekannten Gründen länger dauern wird als das in der industrialisierten Welt der Fall sein wird.

Was das Erdgas betrifft, das normalerweise zusammen mit Erdöl gefunden und gefördert wird, so könnte es als ein alternativer und zusätzlicher Energieträger eingesetzt werden, vorausgesetzt, daß das Transport- und Verteilerproblem – das in den Entwicklungsländern hauptsächlich finanzieller Natur ist – gelöst werden kann. Aus Mangel an Möglichkeiten, das Erdgas auszuwerten, werden in Entwicklungsländern wertvolle Mengen davon abgefackelt.

2. *Kohle*

Die Industrieländer haben, bei der Suche nach alternativen Energieträgern, wieder einmal auf die Kohle zurückgegriffen, von der man erwartet, daß sie entweder in ihrer ursprünglichen Form oder in ihren Derivaten dazu beiträgt, einen entscheidenden Teil ihres zukünftigen Energiebedarfs zu bestreiten. Das ist wirtschaftlich vernünftig, um so mehr da der überwiegende Teil der bekannten Kohlereserven in den Industrieländern selbst liegt.

In der Dritten Welt gibt es Kohlevorkommen in wirtschaftlich interessanter Qualität und Quantität lediglich in sehr wenigen Ländern. Tatsache ist, daß die Erforschung von Kohlevorkommen völlig hintangesetzt wurde, solange billiges Öl vorhanden war. 1975 betrug die Kohleförderung der Entwicklungsländer nur 6% der Weltförderung. Diese konzentrierte sich hauptsächlich auf Indien, Korea und Jugoslawien, die auf sich alleine 80% der Gesamtproduktion der Dritten Welt vereinigen.

Noch nicht bekannte Kohlevorkommen von einiger Bedeutung werden in der Dritten Welt vermutet. Das Problem liegt sowohl in ihrer Suche, ihrem Abbau, als auch in der Schaffung der notwendigen Infrastruktur, um eine wirtschaftliche Förderung zu gewährleisten. Hier, wie auch in anderen Fällen der

Entwicklung alternativer Energien in der Dritten Welt, hängt dies in einem großen Ausmaß von den finanziellen Möglichkeiten ab, die den betroffenen Entwicklungsländern zur Verfügung stehen, beziehungsweise die ihnen angeboten werden.

Was die reichlichen bereits bekannten Kohlevorkommen in den Industriestaaten betrifft, so können diese aus praktischen Erwägungen von den Entwicklungsländern nicht in wirkungsvollem Maße ausgenutzt werden. Es ist fraglich, ob die erhöhte Kohleförderung in den Industriestaaten auch die Nachfrage der Entwicklungsländer decken könnte, denen, was zu bedenken ist, bisher ein entsprechendes Transportsystem fehlt, und die auf den Verbrauch von Kohle nicht eingestellt sind.

3. Wasserkraft

Die Energiezukunft der Welt liegt zweifellos in den erneuerbaren Energiequellen wie Wasserkraft. Der derzeitige Anteil von Hydrostrom am gesamten Weltenergieverbrauch beträgt 6,5%, der größte Teil davon wird jedoch in der industrialisierten Welt produziert. Es scheint, daß bisher nur ein Bruchteil der potentiellen Anlagen in der Dritten Welt entwickelt wurden. Diese wurden in der Nähe der Ladezentren und an den wirtschaftlich vorteilhaftesten Standplätzen gebaut. Es wird geschätzt, daß sie zusammen ca. 50000 MW erzeugen, was 50% aller in den Entwicklungsländern erzeugten Elektrizität darstellt. Die Weltbank glaubt, daß Hydroelektrizität in den nächsten Jahren eine Steigerung von 10% jährlich erfährt. Andere Experten sind der Meinung, daß eine Kapazität von 500000 bis 900000 MW zu entwickeln bleibt, aber es gibt bisher kein generelles Gutachten über die möglichen hydroelektrischen Standorte und Anlagen in der Dritten Welt.

Es scheint zwei möglicherweise vernünftige Vorhaben in dieser Hinsicht zu geben: Überregionale Projekte, die zwei oder mehr Nachbarländern dienen, oder Miniprojekte, d. h.

Kraftwerke, die direkt an Flüssen oder in der Nähe von diesen gelegene Kleinstädte und Industrien versorgen. China, zum Beispiel, hat Tausende solcher Mini-Wasserkraftwerke mit Kapazitäten bis zu 6 MW in Betrieb. Das ist ein Experiment, das wert ist, von anderen genauer betrachtet zu werden.

4. Atomenergie

Eine vielversprechende Alternative zu fossilen Brennstoffen zur Deckung des steigenden Energiebedarfs in den Entwicklungsländern könnte die Atomenergie zur Erzeugung von Elektrizität sein. In diesem Sinn gibt es optimistische Voraussagen.

Einige wenige grundsätzliche Vorbehalte sind jedoch bei der Einführung von Kernenergie in Länder der Dritten Welt zu machen. Da ist einmal die Größe der Anlage und ihre Kapazität. Zur Zeit werden sie von den Kraftwerklieferanten mit einer Kleinstkapazität von 600 MW geliefert, was den unmittelbaren Bedarf eines Entwicklungslandes in der entsprechenden Region überschreiten kann. Ebenso wichtig ist das wissenschaftliche, technische und Management-Niveau, die industrielle Basis und die Infrastruktur in dem Entwicklungsland zum Betrieb einer so hochgezüchteten Anlage. Dazu kommt die Frage der Brennstoffversorgung, die Entsorgung, bzw. Lagerung der abgebrannten Elemente, die öffentliche Meinung, die finanziellen Möglichkeiten wie auch die heikle Frage bezüglich der Nichtweiterverbreitung von Atomwaffen über internationale Vertragsverpflichtungen hinaus. Das Kernkraftpotential ist damit, zur Zeit, nur den größeren und industrialisierten Entwicklungsländern vorbehalten.

Der zunehmende zukünftige Bedarf an Elektrizität, der über den von Wasserkraft erzeugten Strom hinausgeht oder ölgefeuerte Anlagen ersetzen soll, könnte die Entwicklungsländer in eine Situation bringen, wo nur noch Kernkraft in Frage kommt. Dies könnte individuell oder auch auf regiona-

ler Basis ausgeführt werden, wobei zwei oder mehr Länder an einer Kernkraftanlage Anteil haben – ähnlich einer Anzahl von hydroelektrischen Vorhaben heute. Oder ein industrielles Entwicklungsland könnte den selbsterzeugten Nuklearstrom bei Bedarf in ein Nachbarland exportieren.

Ägypten, mit einer angenommenen jährlichen Steigerungsrate des Stromverbrauchs von 9,9% bis zum Jahre 2000, hat sich – obwohl es selbst ölexportierendes Land ist – für Kernkraft entschieden, um seinen zukünftigen Bedarf an Elektrizität zu decken. Es plant die Errichtung einer 1900-MW-Kapazität und verhandelt diesbezüglich zur Zeit mit den Vereinigten Staaten. Gleichzeitig wird es die Erforschung von einheimischen Uranvorkommen vorantreiben, nicht nur um seine Energieunabhängigkeit zu wahren, sondern auch um weiter Energieexporteur zu bleiben.

5. Sonnenenergie

Von allen Arten der erneuerbaren Energie wird von vielen die Sonennenenergie für die Traumenergie künftiger Generationen gehalten. Es ist wahr, daß sie in der unmittelbaren Zukunft eine ziemlich begrenzte Rolle spielen wird, ebenso wahr ist es aber, daß, sobald praktische Einrichtungen vorhanden sind und in weiten Bevölkerungskreisen akzeptiert werden, sie für eine unabsehbare Zeitspanne eine kontinuierliche Quelle der Energie garantiert, frei von fremden Einflüssen und Zwängen, wie sie das Markenzeichen der Handelsbrennstoffe geworden sind.

Man kann der Solarenergie als Energieproduzent noch nicht die wichtige Rolle beimessen, wie sie das Öl oder sogar die Kernkraft heute haben. Dennoch gibt es viele Anwendungsbereiche, die wirtschaftlich ausgereift erscheinen für viele Länder mit einer großen Intensität der Sonnenstrahlung im Sommer wie im Winter, was für viele Entwicklungsländer zutrifft. Diese Anwendungsbereiche können in einer dezentra-

lisierten Art eingesetzt werden, zum Beispiel in Form von solaren Wasserpumpen oder einfachen Sonnenreflektoren zum Kochen, beides für ländliche Gebiete.

Die Sonnenenergieforschung wird in den Industriestaaten energisch vorangetrieben. Die Entwicklungsländer zeigen ein eifriges Interesse zur Zusammenarbeit auf diesem Forschungssektor. Es bleiben noch viele Hindernisse zu überwinden, besonders die hohen Kapitalkosten für Solareinrichtungen müssen reduziert werden, um sie wirtschaftlich akzeptabel zu machen.

Auf lange Sicht dürfte die Sonnenenergie vielversprechend sein. Die Technologien müssen noch ausreifen und weiterentwickelt werden. Sobald einmal ein Durchbruch erzielt wird, könnten die Auswirkungen auf die Wirtschaftsentwicklung enorm sein.

Bevor ich zu abschließenden Bemerkungen komme, möchte ich noch kurz die Konservierungsmethoden für Entwicklungsländer berühren.

Was die kommerzielle Energie betrifft, gibt es wenig Raum, um den Verbrauch zu senken, da er noch auf einem sehr niedrigen Niveau ist. Die extravagante Nutzung des Erdöls, wie er in der industrialisierten Welt praktiziert wird, ist sozusagen unbekannt in den Entwicklungsländern, wo Verschwendung noch auf einem sehr geringfügigen Niveau liegt.

Wichtig wären jedoch Bemühungen zur Konservierung nichtkommerzieller Energie in den ländlichen Bereichen, die so gefährlich erschöpft werden. Die Erzeugung von Biomasse sollte erhöht werden durch große Aufforstungsprojekte. Bessere Ausnützung von weniger Energie könnte erreicht werden durch die Einführung praktischer und annehmbarer Kochherde, oder noch besser durch solare Kochstellen. Solare Wasserpumpen sollten Tierkraft ersetzen und der damit frei gewordene Viehbestand könnte der Nahrungserzeugung zugeführt werden.

Mit dem Blick auf das Jahr 2000 müssen die Entwicklungs-

länder schon jetzt ihre Gedanken darauf ausrichten, wie ihr eigener zukünftiger Energiebedarf gedeckt werden kann. Dies ist eine komplizierte Sache für viele, die bisher nicht die Fähigkeit zu einer nationalen Energieplanung entwickelt haben. Es ist daher fraglich, ob sie selbst in der Lage sind, dieses Problem ohne Hilfe von außen zu meistern.

Das bringt mich zu der Annahme, daß der Vorschlag, eine internationale Organisation zu schaffen, welche sich mit den Energieproblemen der Dritten Welt befaßt, unterstützenswert ist.

Solch eine Institution könnte die derzeitigen Unzulänglichkeiten des Materials und der Statistiken über den Energiebedarf der Entwicklungsländer beseitigen, die entsprechenden Projektierungen vornehmen, die Forschung und Entwicklung, die in der industrialisierten Welt zu Energiefragen läuft, auch auf die speziellen Bedürfnisse der Dritten Welt ausrichten, und die internationalen Bemühungen koordinieren, um unnötige Verdopplung in dieser Hinsicht zu vermeiden. Sie könnte jedweder Konkurrenz um kommerzielle Energie durch ein ausgehandeltes Verteilersystem ein Ende setzen, die Suche nach unentdeckten Öl-, Gas- und Kohlevorkommen vorantreiben und Pläne für die Standorte von Hydroprojekten ausarbeiten. Darüber hinaus sollten sie die erheblichen finanziellen Mittel zur Verfügung stellen, um die Dritte Welt in ihrer Suche nach Energie zu unterstützen und ihre Chancen für Fortschritt und Entwicklung zu wahren.

Es gibt keine Einheitskur für Energieprobleme, die bei allen Ländern angewendet werden kann. Schwierige Entscheidungen für jedes einzelne Industrieland und jedes einzelne Entwicklungsland liegen vor uns.

Literaturverzeichnis

- Brookhaven National Laboratory Developing Countries Energy Program: Energy Needs, Uses and Resources in Developing Countries, March 1978
- Brookhaven National Laboratory Developing Countries Energy Program: Programmatic Areas for U. S. Assistance for Energy in the Developing Countries, December 1978
- Main Aspects of the Growing Marginalization of Third World Countries Energy by Abbas Alnasrawi, June 1979
- Energy and LDC's in the 1970s by Antonio R. Parra, August 1979
- Energy Assessment in Egypt and the implications of Industrial Development until 2000, September 1978
- Energy Futures of Developing Countries and the role of the OPEC Special Fund by Christina Valle, 1979
- OPEC by Deutsche Bank, August 1979
- Lebensfrage Energie: Zusammenhänge, Perspektiven, Konsequenzen by Mobil Oil AG, Deutschland, November 1979

Der Preisschock von 1979 und seine Folgen

Ulf Lantzke

Das Jahr 1979 ist das Jahr der *zweiten Ölkrise* seit 1973/74 gewesen. Den westlichen Industrieländern ist ihre eigene Ölabhängigkeit erneut drastisch vor Augen geführt worden.

Dabei stand am Anfang nicht etwa ein allgemeines Embargo der Ölproduzenten, sondern der *zeitweilige Produktionsausfall* eines einzigen, wenn auch wichtigen Förderlandes. Übers Jahr ist dieser Ausfall, wie wir inzwischen wissen, durch Fördersteigerungen in einzelnen OPEC-Ländern und anderswo mehr als ausgeglichen worden. Aber die Nachrichten über die Lage im Iran haben eine Kette von Unsicherheitsreaktionen ausgelöst. Das hat zu Panikkäufen und übertriebener Lagerhaltung geführt. Hauptschauplatz dieser Transaktionen war der Spot-Markt, und die rasanten Preissteigerungen am Spot-Markt haben eine unheilvolle Sogwirkung auf die offiziellen Preise der einzelnen OPEC-Länder ausgeübt.

Die zweite Ölkrise ist deshalb vor allem eine *Preiskrise* geworden. Die offiziellen Ölpreise – ich spreche nicht von den Spot-Markt-Preisen – liegen heute um etwa 105% über dem Stand von Ende Dezember 1978. Das ist zwar »nur« eine Verdoppelung, während der Schock von 1973/74 in einer Vervierfachung des Preises bestand. Die reale Mehrbelastung ist aber etwa die gleiche wie damals.

Die volkswirtschaftlichen Konsequenzen des *damaligen* Preisschocks haben wir alle noch in Erinnerung:

- Drastischer Rückgang der gesamtwirtschaftlichen *Wachstums*raten der Industrieländer (1973: + 6,3%; 1974: + 0,5%), 1975 hatten wir sogar »negatives« Wachstum (– 0,5% im OECD-Durchschnitt).
- Beschleunigung der *Inflation*; 1974 und 1975 hatten die Industrieländer im Schnitt zweistellige Inflationsraten.

- Passivierung der *Leistungsbilanzen.* Im Waren- und Dienstleistungsverkehr mit der übrigen Welt hatten die westlichen Industrieländer bis 1973 stets Überschüsse erwirtschaftet, seit 1974 sind diese Salden ständig negativ.

Die Auswirkungen des *jetzigen* Preissprungs lassen sich noch gar nicht übersehen. Das Jahr 1979 ist vorbei, aber die gefährliche Belastungsprobe, die unsere Volkswirtschaften als Folge der Ereignisse dieses Jahres durchzustehen haben werden, hat erst angefangen. Nur ein Teil der Verdoppelung des Ölpreises ist ja noch für 1979 selbst wirksam geworden. Wir gehen vielmehr mit einer *preislichen Vorbelastung* in das Jahr 1980, die bereits jetzt – auch ohne weitere Erhöhungen – um ca. 55% über dem durchschnittlichen Preisniveau des Vorjahres liegt.

- Sicher ist, daß uns die jetzige Krise in einer Phase allmählicher wirtschaftlicher *Konsolidierung* nach dem tiefen Einschnitt der Jahre 1974 und 1975 getroffen hat; die Gefahr besteht deshalb, daß diese Stabilisierungstendenzen nun erneut und diesmal radikal gekappt werden.
- Sicher ist auch, daß sich kurzfristig für einige Industrieländer schon aus anderen Gründen ein eher langsames Wachstum in 1980 abzeichnete. Die Wachstumsaussichten der westlichen Industrieländer waren dadurch insgesamt bereits auf etwa 1% herabgedrückt worden. Nach den Preiserhöhungen im Gefolge der Caracas-Konferenz müssen wir nun wohl damit rechnen, daß das *Bruttosozialprodukt der Industrieländer* 1980 nicht nur nicht wächst, sondern sogar abnimmt.
- Die *Bundesrepublik* wird hiervon möglicherweise erst mit zeitlicher Verschiebung betroffen sein. Der Kursanstieg der DM gegenüber dem Dollar, der nach wie vor die Ölwährung ist, hat zumindest in der Vergangenheit einen Teil der Preiserhöhungen aufgefangen. Außerdem kompensiert zusätzliche Exportnachfrage aus den OPEC-Ländern den heimischen Nachfrageausfall zum Teil, und das mag Wachstumsverluste hinauszögern. Freilich ändert das

nichts daran, daß auch die Bundesrepublik für ein gegebenes Quantum an Öl heute mehr an Waren und Dienstleistungen ins Ausland transferieren muß als früher. Das bedeutet Verluste im Realeinkommen und *Wohlstandseinbußen* für uns alle.

Funktionsfähigkeit der Ölmärkte bedroht

Das energiepolitische Fazit aus dieser Lagebeschreibung ist, daß die *verfügbaren energiepolitischen Instrumente* auch 1979, fünf Jahre nach der ersten Ölkrise, *nicht ausgereicht haben* zu verhindern, daß der Ölmarkt außer Kontrolle gerät. Dafür gibt es eine Reihe von Gründen. Sie alle hängen damit zusammen, daß wir es bis 1979 nie mit einer echten Versorgungskrise, wie sie durch das Gründungsübereinkommen der Internationalen Energie-Agentur definiert ist, zu tun hatten.

In einer solchen Versorgungskrise gilt in der Tat der Grundsatz des »oil sharing«, d. h. der gerechten Verteilung verfügbarer Ölmengen unter den Mitgliedsstaaten. Außerhalb der Krisensituation, im *Vorfeld der Krise*, gibt es hingegen keinerlei Verhaltenskriterien, und in dieser Situation haben wir uns praktisch das ganze Jahr 1979 über befunden.

Deswegen hat nicht Ölverteilung, sondern ein harter *Ölverteilungskampf über den Preis stattgefunden.* Verbraucher und Ölgesellschaften waren letzten Endes bereit, die steigenden Preise zu bezahlen und haben einen Prozeß des gegenseitigen Überbietens in Gang gehalten, der vermutlich mehr zum heutigen Preisniveau beigetragen hat, als die eher unkoordinierte Preispolitik der OPEC-Länder. Zugleich ist dies ein Verteilungskampf der Volkswirtschaften. Das liegt auf der Hand im Verhältnis der Industrieländer zu den Entwicklungsländern, die ihre gewaltig ansteigende Ölimportrechnung schlechterdings nicht mehr bezahlen können. Aber auch die Industrieländer untereinander befinden sich – offen oder versteckt – im Wettbewerb um das knappe Öl.

Ihren Grund haben diese Vorgänge nur zum Teil in der Verbrauchsentwicklung. Denn 1979 war eben der *am Markt sichtbare Ölbedarf größer als der tatsächliche Verbrauch*, d. h. in einer Situation bereits angespannter Märkte ist die Ölnachfrage gewissermaßen künstlich aufgebläht und der Preis in die Höhe getrieben worden. Zwei Elemente haben hierzu beigetragen:

- Das eine sind die *Lagerbewegungen*. Ölgesellschaften und Privatverbraucher haben 1979 ihre Vorräte weit über das übliche und wünschenswerte Niveau aufgestockt. Motiv war einmal eine verständliche Unsicherheit über die künftige Versorgungsentwicklung. Zusätzliche Lagerkäufe wurden aber auch durch die Erwartung weiterer Preissteigerungen ausgelöst. Wir haben es dabei mit einem klassischen Fall einer »self-fulfilling prophecy« zu tun.
- Das andere Element ist die tiefgreifende *Strukturveränderung*, in der sich die internationalen Ölmärkte befinden. Sie wissen, daß die OPEC-Länder mehr und mehr dazu übergehen, Ölmengen von Regierung an Regierung zu verkaufen. Schon heute ist der Marktanteil, den die großen Ölgesellschaften auf der Basis langfristiger Kontrakte abwickeln, von 75 auf ca. 40 Prozent geschrumpft. Zugleich ist der Anteil des am Spot-Markt gehandelten Öls, der früher bei 5 Prozent lag, auf schätzungsweise 29 Prozent gestiegen. Eine große Zahl von neuen Marktteilnehmern mit einstweilen geringer Erfahrung ist am Ölmarkt aufgetaucht. Das bedeutet zusätzliche Unsicherheit und zusätzliche – weil dezentralisierte – Lagerbedürfnisse. Dies hat die *Flexibilität* der Ölmärkte deutlich *eingeschränkt* – auch wenn dies so nicht im wettbewerbspolitischen Lehrbuch steht.

Der Einfluß solcher destabilisierenden Faktoren muß begrenzt werden, wenn die *Funktionsfähigkeit der Ölmärkte* im Krisenvorfeld *erhalten* und der Eintritt einer echten Versorgungskrise verhindert werden soll.

Weitere Ölverknappung absehbar

Die Lösung dieses Problems ist um so dringlicher, als die *Anforderungen an den Ölmarkt steigen* werden. Mehr und mehr wird der Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage nur unter Heranziehung aller verfügbaren Mengen bewerkstelligt werden können.

Denn wir können nicht damit rechnen, daß die OPEC-Länder ihre Ölproduktion wesentlich über das jetzige Niveau von ca. 30 mbd oder 1,5 Mrd t/a anheben werden. Zu tief sitzt bei diesen Ländern die *Furcht vor einer Erschöpfung der Ölreserven* und vor einem wirtschaftlichen Langfristzyklus, der von Datteln und Kamelen über Klimaanlagen und Straßenkreuzer wieder hin zu Datteln und Kamelen führt. Sie werden ihre Reserven daher strecken, so gut es geht, und unterscheiden sich in dieser Haltung nicht von gewissen europäischen Industrieländern, die ebenfalls Ölexporteure sind.

Auf der anderen Seite wird die *Nachfrage* steigen. Vor allem die OPEC-Länder selbst werden einen größeren Teil des geförderten Öls für den eigenen Bedarf absorbieren. Die Ölnachfrage entwickelt sich in diesen Ländern dank niedriger Preise ganz ungehemmt, und wir rechnen mit einem Anstieg auf das Zweieinhalbfache in den nächsten 10 Jahren. Hinzu kommt der *gewaltige Nachholbedarf der übrigen Entwicklungsländer*, der sog. NOPECS. Für sie kommt praktisch nur das Öl als Träger einer stärkeren Mechanisierung und allmählichen Besserung der Lebensverhältnisse in Frage, weil es kaum Infrastrukturprobleme aufwirft. Wir rechnen mit einer Verdoppelung des Ölverbrauchs dieser Länder bis 1990.

Um dies bei mehr oder minder gleichbleibendem Angebot zu ermöglichen, *müßten eigentlich andere Länder zurückstekken.* Das Gegenteil ist aber wahrscheinlicher. Zwar hoffen wir, die Ölimportnachfrage aus den westlichen Industrieländern in den Griff zu bekommen. Doch auch die reduzierten Ziele für 1985 sehen einstweilen gegenüber 1980 noch einen leichten

Anstieg in absoluten Zahlen vor (von 24,5 auf 26,2 mbd). Außerdem spricht vieles dafür, daß die Industrieländer *Osteuropas*, deren Ölimportbedarf bisher im wesentlichen von der Sowjetunion gedeckt wurde, zunehmend als Nachfrager am Weltölmarkt auftreten könnten.

Wir müssen uns also weiterhin auf ein äußerst *labiles Gleichgewicht*, ja tendenzielles Defizit des Weltölmarktes einstellen. Das bedeutet, daß selbst geringfügige Versorgungsstörungen eine Lawine von Folgewirkungen auslösen können. Ob politischer Umsturz, ob lokaler Streik, ob Ölfeldunfall oder Tankerkollision, stets muß damit gerechnet werden, daß die Preisentwicklung außer Kontrolle gerät und daß der Weltwirtschaft neue Belastungen aufgebürdet werden.

Energiesparen und Ölsubstitution trotz möglicher »Ölschwemmen«

Dies alles gilt selbst dann, wenn der Ölverbrauch als Folge unbefriedigenden Wachstums in diesem Jahr stärker als erwartet sinken und sich dadurch vorübergehend eine *gewisse Marktentspannung* einstellen sollte. So wünschenswert eine Abkühlung des überhitzten Marktes sein mag, so wenig dürfen wir uns über derartige Marktsignale täuschen. Als Warnung sollte uns die sogenannte »Ölschwemme« von 1978 dienen, die uns eine reale Senkung des Ölpreises bescherte und selbst renommierte Institutionen (Trilateral Commission) zu der Aussage verleitete, daß ein plötzlicher Ölpreisanstieg in den nächsten 15 Jahren nicht zu erwarten sei. Wieviele Ansätze zum Energiesparen damals erlahmten, wieviele Projekte für die Ersetzung von Öl durch andere Energieträger damals stekkenblieben, ist nicht bekannt.

Deshalb müssen die Marktsignale durch gezielte energiepolitische Maßnahmen teils antizipiert, teils ergänzt werden, damit eine *Springprozession zwischen Ölkrisen und »Ölschwemmen«* vermieden wird. Der gestiegene Ölpreis hat bereits eine

Reihe von Umrüstungsvorgängen in Industrie und privaten Haushalten eingeleitet. Er hat bisher verschlossene Energiequellen – vom teuren Nordseeöl über Wärmepumpen und Solardächer bis zur Kohlevergasung und -verflüssigung – zum Sprudeln gebracht. Aufgabe der Energiepolitik ist es, diesen Prozeß wenn nötig zu *verstetigen.* Eine Reihe wichtiger Weichenstellungen haben auch bereits stattgefunden. Ich nenne nur die Wärmedämmung in Wohnbauten oder den Automobilbau. Aber es bleibt noch viel zu tun.

Alles ist nämlich beispielsweise bei der Ölsubstitution durch *Kohle* noch nicht geschehen. Wenn bis zum Jahr 2000 eine Verdoppelung des Kohleeinsatzes erreicht werden soll, sind dafür nicht nur Forschungsmittel, sondern umfangreiche Infrastrukturmaßnahmen erforderlich. Denn der Welthandel mit Kraftwerkkohle muß von praktisch Null auf ca. 700 Mio t/a gebracht werden. Auch Länder wie die Bundesrepublik tun gut daran, sich rechtzeitig auf eine stärkere Beteiligung am Kohlehandel, und zwar nicht nur auf der Exportseite, einzustellen.

Die Rolle der *Kernenergie* als Ölsubstitutiv wird in Deutschland vielfach bestritten. Trotzdem gibt es auch hierzulande noch einen Restbestand an Kraftwerken, die mit schwerem Heizöl betrieben werden. Außerdem könnte die Kernenergie die nötige Entlastung schaffen, um die Kraftwerkskohle vorrangig in veredelter Form als chemisches Vorprodukt einzusetzen, wodurch dann allerdings Öl ersetzt würde. Für die Vielzahl von Industrieländern jedenfalls, die keine Kohle besitzen, ist die Kernenergie der Ölersatz par excellence. Sie ist als einzige neue Energie im Großmaßstab einsetzbar und kann wirklich eine fühlbare Entlastung in den Energiebilanzen dieser Länder schaffen. Umgekehrt besteht die Gefahr, daß sich alles, was dort versäumt wird, zunächst in zusätzlicher Ölnachfrage niederschlägt. Berechnungen, die wir angestellt haben, ergaben beim Stopp des Ausbaus der Kernenergie eine zusätzliche Ölnachfrage von rd. 10 mbd (500 Mio

t/a) in 1990 und von möglicherweise 20 mbd im Jahre 2000. Daß dies jede Bemühung um ein Gleichgewicht an den Weltenergiemärkten zunichte machen würde, liegt auf der Hand.

Gleichzeitig muß, was immer an *alternativen Energieträgern* sichtbar ist, gezielt gefördert werden. Wir unternehmen hier in der IEA erhebliche eigene Anstrengungen und haben gerade erst in der vorigen Woche den ersten Spatenstich zu einem Demonstrationsprojekt für Solarkraftwerke in Almería in Spanien tun können. Aber bleiben wir uns darüber im klaren: die Zeit, die eine gute Idee vom Kopf des Forschers über das Labor und die Feasibility-Study, über das Pilot- und das Demonstrationsprojekt bis hin zur allgemeinen kommerziellen Anwendung braucht, ist eben entsetzlich lang. Das muß einkalkuliert werden. Und deswegen sind die sogenannten »alternativen« Energieträger wie Erdwärme, Sonnen- und Windenergie für die nächsten 20 Jahre eben noch keine echte Alternative in der Massenversorgung mit Energie.

Energie als weltweites Problem

Energie ist heute ein weltweites Problem, und die Fragestellungen, die sich daraus ergeben, sind jedenfalls für die industriellen Verbraucherländer überall die gleichen. Das bedeutet nicht, daß auch die Antworten immer gleich sind. Aber die Übereinstimmung der Interessen geht immerhin so weit, daß eine gemeinsame Befassung mit den anstehenden Problemen für alle lohnend sein kann.

Daß dies von den Regierungen der westlichen Industrieländer erkannt worden ist, gehört ohne Zweifel zu den positiven Auswirkungen der Ölkrise von 1973/74. Seitdem ist die Bereitschaft, Energieprobleme von vornherein international zu sehen und ihre Lösung gemeinsam anzugehen, ständig gewachsen. Am deutlichsten wird dies, wenn man sich einmal die Arbeit der *Wirtschaftsgipfelkonferenzen* von 1975 bis 1979 ansieht. Während die Konferenzen von Rambouillet und

Puerto Rico sich nur am Rande mit Energiefragen befaßten, gingen von den Wirtschaftsgipfeln in London (INFCE) und Bonn (Commitments der USA, Koordinierung der Energie-Entwicklungshilfe) erstmals konkrete energiepolitische Anstöße aus. Der Wirtschaftsgipfel von Tokio endlich hat sich fast ausschließlich mit Energiefragen befaßt und dabei Kompromisse erbracht, die uns eine gute Basis für die weitere energiepolitische Zusammenarbeit in der IEA geliefert haben.

Diese neue Sicht der energiepolitischen Zusammenhänge ist keineswegs auf die westlichen Industrieländer beschränkt.

- Es sind Bestrebungen im Gange, die Industrieländer aus Ost und West im Rahmen einer *Gesamteuropäischen Energiekonferenz* an einen Tisch zu holen. In der Tat spricht vieles dafür, daß Länder, die als Energieverbraucher und geografische Nachbarn viele Berührungspunkte haben, wenigstens in einen geregelten Informationsaustausch über Energiefragen eintreten.
- An der *INFCE-Konferenz*, die den internationalen Kernbrennstoffkreislauf zu bewerten hatte und die ihre Arbeiten im Februar abschließen wird, haben von vornherein Vertreter aller interessierten Nationen mitgearbeitet. Das hat dazu beigetragen, daß Fragen wie die der Wiederaufarbeitung und fortgeschrittener Reaktortypen unter allen in Frage kommenden Aspekten untersucht werden konnten, d. h. sowohl im Hinblick auf das Problem der Nichtverbreitung von Atomwaffen als auch unter dem Gesichtspunkt der Sicherung der Energieversorgung.
- Es hat sich ferner gezeigt, daß auch die durch den *Harrisburg-Unfall* aufgeworfenen technischen *Sicherheitsfragen* bei Kernreaktoren am besten im internationalen Gespräch erörtert und beurteilt werden. Neben der IAEA in Wien steht für solche Fragen als Forum übrigens auch die der OECD angegliederte NEA zur Verfügung.

Noch kein Forum haben wir allerdings für die Erörterung energiepolitischer Fragen im *Nord-Süd-Zusammenhang.* Ansätze

dazu hat es zwar gegeben. Die Konferenz für Internationale Wirtschaftliche Zusammenarbeit (KIWZ), die von 1975 bis 1977 in Paris getagt hat, ist aber ohne dauerhafte Ergebnisse geblieben. Ob den gegenwärtigen Vorstößen im Rahmen der Vereinten Nationen mehr Erfolg beschieden ist, bleibt abzuwarten. In der Tat gibt es erhebliche Interessengegensätze zwischen den industriellen Verbraucherländern einerseits, den ölimportierenden Entwicklungsländern andererseits und schließlich den OPEC-Ländern, die ja durchaus nicht aufhören, Entwicklungsländer zu sein. Aber auch die Interdependenzen sind groß. Insbesondere die ölarmen Entwicklungsländer brauchen die Rücksichtnahme und finanzielle Unterstützung durch die Industrieländer und Ölförderländer, um ihre Versorgungsprobleme zu lösen. Es wäre gut, wenn im Rahmen eines Energiedialoges hierüber offen und sachlich miteinander gesprochen werden könnte.

Energiepolitische Zusammenarbeit in der IEA

Was die energiepolitische Zusammenarbeit der westlichen Industrieländer angeht, so ist der *institutionelle Rahmen* in der IEA, zum Teil auch in den Europäischen Gemeinschaften, *vorhanden* und wird seit Jahren genutzt.

Das gilt nicht nur für die Entwicklung und Erprobung eines *Krisenmechanismus,* mit dessen Hilfe das erwähnte »oil sharing« im Krisenfall in die Praxis umzusetzen ist. Zugleich ist ja auch ein entsprechendes Daten- und Informationssystem aufgebaut worden. Das war eine wichtige Voraussetzung für die *Verbesserung der Transparenz der Ölmärkte,* die von den Teilnehmern des Wirtschaftsgipfels und von anderen Mitgliedsstaaten im Zusammenhang mit den Vorgängen des Jahres 1979 gefordert worden ist. In der Tat waren wir in der Lage, binnen kürzester Frist, gemeinsam mit der EG, ein kompatibles System zur Registrierung der Ölmarkttransaktionen zu entwickeln und anlaufen zu lassen.

Damit liegen bereits wichtige Informationen über Vorgänge außerhalb des unmittelbaren Krisenfalles vor. Auf diesem Hintergrund wird es uns möglich sein, nicht nur unsere Kenntnis über die *Probleme des Krisenvorfeldes* zu verbessern, sondern auch Instrumente zu ihrer Beeinflussung zu entwikkeln. Wir müssen insbesondere mit Regierungen und Ölgesellschaften zu einer Verständigung über ihre *Vorratspolitik* gelangen. Gleichzeitig müssen diejenigen Verhaltensweisen der Marktteilnehmer definiert und möglicherweise in einem *Kodex* zusammengefaßt werden, die in einer Überhitzungsphase dazu beitragen können, daß die Märkte möglichst lange funktionsfähig bleiben. Denn alle Regierungen sind sich einig, daß das volkswirtschaftliche Risiko weiterer Preissprünge einfach zu groß ist, um den Markt gänzlich sich selbst zu überlassen.

Dem Ziel der Marktberuhigung dienen auch die erheblichen Anstrengungen, die die IEA-Länder zur Festlegung von *Ölimportzielen* für 1980 und 1985 unternommen haben. Solche Ziele sind natürlich nichts ohne die nationalen energiepolitischen Maßnahmen, die zu ihrer Erreichung in Gang gesetzt werden. Aber gerade deswegen haben sich die Minister der IEA-Länder in ihrer Entscheidung über die Importziele nicht auf eine Bezifferung beschränkt. Sie haben zugleich ein *»Überwachungsverfahren«* beschlossen, das nicht nur ständige Prüfungen und gegebenenfalls Revisionen der Ziele vorsieht, sondern auch »Korrekturmaßnahmen« nicht ausschließt, »wenn die Ergebnisse der Teilnehmerstaaten bei der Einhaltung der Importbeschränkungen unbefriedigend sind«.

In dieser Entscheidung manifestiert der politische Wille dieser Länder, ihre Energiepolitik nicht lediglich als nationale Angelegenheit zu behandeln, sondern als eine Sache von internationalem Belang, die der *Mitsprache der internationalen Gemeinschaft* zugänglich ist. Damit geht diese Entscheidung weit über die Importziele für das laufende Jahr und deren unmittelbare Markteffekte hinaus. Im Grunde geht es um die

langfristige Konvergenz der energiepolitischen Entwicklung in den westlichen Industrieländern.

Schlußbemerkung

Ich sehe darin ein günstiges Zeichen für die Zukunft. Wenn ich deshalb zum Schluß die Erfahrungen der 70er Jahre und die Erwartungen für die 80er Jahre zusammenfassen sollte, dann würde ich vielleicht folgendes sagen:

- Im vergangenen Jahrzehnt haben sich die Verbraucherländer unter dem Eindruck gewaltiger Erschütterungen der bisherigen Energieversorgungsstrukturen allmählich zusammengefunden und sich Instrumente für eine internationale energiepolitische Zusammenarbeit geschaffen.
- In den 80er Jahren wird mit diesem Pfunde gewuchert werden müssen. Wenn das gelingt, dann werden wir am Ende dieses Jahrzehnts zwar nicht die Energieknappheit überwunden haben, aber unsere Volkswirtschaften werden im Energiesektor weniger verletzlich sein als heute.

Die Verfügbarkeit von Steinkohle zur Deckung des Weltenergiebedarfs

Erwin Anderheggen

Kernenergie und Kohle müssen den künftigen Bedarf an Primärenergie decken, wenn das Angebot an Mineralöl absolut und relativ zurückgeht. Diese Auffassung wird – nicht ohne Widerspruch von seiten der Kernkraftgegner – von den Verantwortlichen für die Energiepolitik in aller Welt vertreten, und sie ist auch das wichtigste Thema dieser Vortragsveranstaltung.

Ich habe es übernommen, über die Verfügbarkeit von Steinkohle zur Deckung des Weltenergiebedarfs zu berichten. In meinem Bericht werde ich zunächst auf die Kohlenvorräte in der Welt eingehen. Dann werde ich kritisch zu den Förderprogrammen und Förderzielen der großen kohleproduzierenden Länder Stellung nehmen, denn von der Erreichung der Förderziele hängen die Mengen ab, die für den Export und damit für die Deckung des Energiebedarfs in Ländern verfügbar sein werden, die nicht über eine ausreichende Kohleförderung verfügen. Zu diesen Ländern wird aller Voraussicht nach auch die Bundesrepublik etwa ab 1985 gehören, und deshalb werde ich zum Schluß meines Berichts auf den Beitrag der Steinkohle zur Deckung des künftigen Energiebedarfs in unserem Lande eingehen.

Was die Kohlenvorräte, die Förderziele und die künftig für den Export verfügbaren Mengen betrifft, so stütze ich mich auf die Berichte, die der Conservation Commission für die 10. Weltenergiekonferenz (WEC) vom September 1977 in Istanbul erstattet und die mit einigen Ergänzungen im Februar 1978 unter dem Titel »World Energy Resources 1985–2020« veröffentlicht worden sind.

Die geologisch nachgewiesenen Kohlevorkommen, die sogenannten Ressourcen, machen demnach rund 10100 Mrd t

SKE aus. Davon entfallen 2400 Mrd t SKE auf Braunkohle und 7700 Mrd t SKE auf Steinkohle.

Von praktischer Bedeutung sind aber nur die Vorräte, die beim derzeitigen Stand der Technik wirtschaftlich abbauwürdig sind, die sog. Reserven, die rund 640 Mrd t SKE ausmachen, davon knapp 500 Mrd t Steinkohle. An den technisch und wirtschaftlich gewinnbaren Reserven aller fossilen Brennstoffe ist die Kohle mit rund 76% beteiligt. Das bedeutet, daß auch bei einem Wohlverhalten der OPEC-Länder der Kohle bei der Deckung des künftigen Bedarfs an Primärenergie eine große und wachsende Bedeutung zukommt.

Auf die 11 Länder mit der größten Kohleförderung entfallen 92% der wirtschaftlich bauwürdigen Reserven, und zwar 28% auf die USA, 17% auf die Sowjetunion und 16% auf die V.R. China. Alle großen Industrieländer, ausgenommen Japan, Frankreich, Italien und die Beneluxländer, verfügen über große Reserven, die zur Deckung des eigenen Bedarfs reichen und darüber hinaus mehr oder weniger große Exporte ermöglichen.

Gefördert wurden im Jahre 1975 – dieses Jahr war das Basisjahr für die Angaben zur 10. WEC – rund 2,6 Mrd t SKE. Davon entfielen auf die 10 bedeutendsten Kohleländer rund 85% – darunter als einziges Entwicklungsland Indien mit 73 Mio t oder 2,8% der Weltförderung. Insofern sind die Bedingungen für die Versorgung der Industrieländer mit festen Brennstoffen grundlegend anders als für ihre Versorgung mit Erdöl und Erdgas.

Der Welthandel mit Mineralöl, das zu mehr als 55% in Ländern mit geringem Eigenverbrauch gefördert wird, hat im Jahre 1978 rund 1,5 Mrd t ausgemacht. Demgegenüber bewirkt die hohe Selbstversorgung der großen Industrieländer mit Kohle, daß der Anteil des Welthandels mit Steinkohle und Koks an der Gesamtförderung im Jahre 1978 nur rund 230 Mio t oder knapp 8% betragen hat. Das bedeutet für die Industrieländer, die ihren Eigenbedarf an Kohle decken kön-

nen, gegenüber ihrer Versorgung mit Mineralöl einen wichtigen Vorteil, für alle Länder aber, die jetzt oder künftig auf den Weltmarkt angewiesen sind, ein Risiko, denn es muß damit gerechnet werden, daß die Kohleförderung der Industrieländer vorrangig für die Deckung des eigenen Energiebedarfs oder des Energiebedarfs ihrer engeren Wirtschaftspartner im Gemeinsamen Markt und im Comecon in Anspruch genommen wird.

Von besonderer Bedeutung für die Frage, welche Mengen Steinkohle für die Deckung des künftigen Weltenergiebedarfs zur Verfügung stehen werden, sind die Angaben, die die kohlefördernden Länder für die 10. WEC über die Entwicklung ihrer Förderung und Exporte gemacht haben. Nach diesen Angaben wird die Weltkohleförderung, die 1975 rund 2,6 Mrd t SKE betragen hat, bis 1985 um 1,3 Mrd t, also um 50%, auf 3,9 Mrd t und bis zum Jahre 2000 auf rund 5,8 Mrd t SKE ansteigen. Gleichzeitig werden sich die Exporte, also die Mengen, die auf dem Weltmarkt zur Verfügung stehen werden, von 200 Mio t auf rund 300 Mio t und schließlich auf 580 Mio t erhöhen.

Ob tatsächlich auf dem Weltmarkt im Jahre 1985 rund 300 Mio t und im Jahre 2000 rund 580 Mio t Kohle angeboten werden, das hängt neben der Entwicklung des Eigenbedarfs, der vorab gedeckt werden wird, davon ab, ob die einzelnen Länder ihre Förderziele erreichen werden. In dieser Hinsicht habe ich erhebliche Zweifel, weil die Probleme und Engpässe einer Fördersteigerung auf 3,9 Mrd t im Jahre 1985 und auf 5,8 Mrd t im Jahre 2000 nach meiner Meinung nicht ausreichend berücksichtigt worden sind.

Da ist zunächst der Zeitbedarf für eine derartige Fördersteigerung, für die weltweit neue Gruben entwickelt werden müssen, teils Tagebaue, die leichter und schneller aufzuschließen sind, teils Tiefbaugruben. Für den Aufschluß neuer Kohlengruben werden je nach Art des Aufschlusses und Standort 5 bis 15 Jahre, im Durchschnitt etwa 10 Jahre benötigt, bis die

volle Förderung erreicht ist. Ob tatsächlich die Investitionsentscheidungen für die Steigerung der Förderung um 1,3 Mrd t SKE bis 1985 und für die gleichzeitig zu errichtenden Ersatzkapazitäten schon überall gefallen sind, muß als fraglich bezeichnet werden. Damit wird aber auch die weitere Fördersteigerung um 1,9 Mrd t SKE bis zum Jahre 2000 fraglich.

Einen Engpaß für die geplante Fördersteigerung bilden auch die Transportprobleme der Kohle. Kohle ist als ein fester Brennstoff schwieriger zu transportieren als Öl und Gas. Das gilt für den Seetransport, aber auch für den Landtransport, der mit dem Aufschluß von Kohlevorkommen in verbrauchsfernen Gebieten, wie den Weststaaten der USA, Sibirien, Queensland oder Alberta und British Columbia zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Von den rund 200 Mio t Exporten des Jahres 1975 entfielen rund 100 Mio t auf Überseelieferungen. Geht man davon aus, daß auch künftig der Hauptteil der Exporte aus den USA und die gesamten Exporte aus Australien, Indien, Kanada, der Republik Südafrika, der V.R. China und Kolumbien auf Übersee-Lieferungen entfallen, dann werden sich diese Lieferungen bis 1985 um 70 Mio t auf 170 Mio t und bis zum Jahre 2000 um etwa 300 Mio t auf rund 400 Mio t erhöhen. Beispiele dafür, daß es möglich ist, die Lieferungen über See schnell zu steigern, bilden die Kohleexporte aus Australien und der Republik Südafrika. Die südafrikanischen Exporte, die 1975 noch unbedeutend waren, erhöhten sich nach Fertigstellung des Hafens Richards Bay bereits auf 15,4 Mio t im Jahre 1978 und sollen im Jahre 1985 nach den Angaben für die 10. WEC 23 Mio t erreichen. Voraussetzung für eine derartige Entwicklung ist allerdings, daß nicht nur rechtzeitig geplant und gebaut wird, sondern daß auch die großen finanziellen Mittel für den Bau der notwendigen Häfen und Umschlagseinrichtungen bereitgestellt werden. Aber auch die Häfen, in denen Frachter mit 100000 t und später 200000 t Kohle anlanden und entladen werden können, müssen gebaut

werden, wie das zur Zeit in Dänemark geschieht. Man kann deshalb nicht ausschließen, daß der Überseetransport zumindest vorübergehend einen Engpaß für den Welthandel mit Kohle bilden wird.

Sehr viel schwieriger sind die Probleme zu lösen, zunehmende Mengen Kohle über Land zu den Verbrauchsschwerpunkten und zu den Exporthäfen zu transportieren. Weder in der Sowjetunion noch in den USA reicht die Kapazität der Eisenbahnnetze, um die erwarteten großen Mengen Kohle über 3000 bis 4000 km Entfernung aus Ostsibirien, bzw. aus den Weststaaten der USA in die Verbrauchszentren zu transportieren. Ähnliches gilt in Queensland oder in Alberta und British Columbia für den Transport der Kohle zu den Exporthäfen.

Besonders aussichtsreich erscheint der Transport einer Suspension von Kohle und Wasser oder Öl in Rohrleitungen.

Nach dem Erfolg der Black-Mesa-Pipeline in den USA, durch die jährlich 5 Mio t Kohle über eine Entfernung von 440 km zu einem Kraftwerk transportiert werden, sind zahlreiche Rohrleitungen für den Kohletransport in aller Welt in der Planung und in Vorbereitung. In den USA und in Kanada werden Projekte für ein Transportvolumen von 100 Mio t jährlich über Strecken von insgesamt 6000 km bearbeitet. In Österreich wird die Möglichkeit des Baus einer Rohrleitung für den Transport polnischer Kohle von Kattowitz nach Linz untersucht. Und schließlich werden in der Sowjetunion Pläne für eine 4000 km lange Pipeline ausgearbeitet, die das Kohlevorkommen von Kansko-Atschinsk mit den Verbrauchszentren im europäischen Teil der Sowjetunion verbindet.

Es darf aber nicht übersehen werden, daß noch nicht alle Probleme des Transports von Kohle in Rohrleitungen gelöst sind. Das gilt vor allem für die Entwässerung der Feinkohle am Ende der Rohrleitung. Bei einigen wichtigen Kohlevorkommen, zum Beispiel in den Weststaaten der USA, fehlen die großen Mengen Wasser, die für den Pipeline-Transport benötigt werden. Und schließlich ist es in manchen Ländern,

besonders in den USA, schwierig, die Genehmigung der Behörden und der Grundstückseigentümer für die Verlegung von Rohrleitungen zu erhalten.

Für Kohlen, die wegen ihres geringen Heizwertes wirtschaftlich nicht transportiert werden können, wird an eine Vergasung zu SNG und an eine Verflüssigung gedacht, um das Transportproblem über große Entfernungen zu lösen. Mit wirtschaftlich arbeitenden Großanlagen zur Vergasung oder Verflüssigung von Kohle kann jedoch erst in den 90er Jahren gerechnet werden.

Schließlich gibt es die Möglichkeit, auf der Lagerstätte Strom zu erzeugen und die elektrische Energie nach dem Beispiel von Cabora Bassa als Gleichstrom von 1150 kV oder sogar 2250 kV Spannung über große Entfernungen zu transportieren.

Im Hinblick auf die weltweiten Anstrengungen ist damit zu rechnen, daß auch die Probleme des Kohletransports über Land technisch und wirtschaftlich gelöst werden. Es ist aber fraglich, ob diese Lösungen rechtzeitig gefunden und verwirklicht werden, bevor das Mineralöl knapp wird. Fest steht jedenfalls, daß der Aufschluß und der Abbau der großen, gut zugänglichen Kohlenvorräte in Sibirien, in den Weststaaten der USA sowie in Teilen der V.R. China und Australiens, ohne die die Steigerung der Weltförderung von Kohle auf 3,9 Mrd t im Jahre 1985 und auf 5,8 Mrd t im Jahre 2000 nicht erreicht werden kann, von der rechtzeitigen Lösung der Transportprobleme abhängt.

Eine weitere Erschwernis für die Steigerung der Kohlenförderung bedeuten die in wichtigen Ländern, wie besonders in den USA, aber auch in der BR Deutschland und neuerdings in der Sowjetunion, laufend verschärften Vorschriften über den Umweltschutz, die nicht nur die Verwendung der Kohle, sondern auch ihren Abbau betreffen. Die neuen Vorschriften über Tagebau und Rekultivierung erschweren und belasten die Fördersteigerung in den Weststaaten der USA, in denen wegen

der großen Mächtigkeit und der leichten Zugänglichkeit der Kohlenflöze im Jahre 1985 etwa 275 Mio t Kohle mehr gefördert werden sollen als 1976.

Die neuen Vorschriften über den Umweltschutz bilden aber nicht nur einen Engpaß für die Fördersteigerung, sie belasten auch die Förderkosten und wirken sich schließlich auf die Kohlenpreise aus.

Auch in der Sowjetunion machen die Aufwendungen für den Umweltschutz bereits 7 bis 8% der Gesamtinvestitionen im Kohlebergbau aus.

Eine weitere Schwierigkeit für die Steigerung der Kohleförderung besteht darin, daß in den neuen Gruben Bergleute und Bergingenieure eingesetzt werden müssen, die – zumindest für Tiefbaugruben – eine gründliche Ausbildung erhalten haben. In den USA zum Beispiel müssen für die im Energieprogramm der Carter-Administration vorgesehene Steigerung der Kohleförderung auf 1350 Mio t im Jahre 1990 nach einer neueren Untersuchung des Department of Interior 100000 neue Bergarbeiter angeworben und ausgebildet werden.

Erschwerend wirkt der Umstand, daß ein hoher Anteil der neuen Gruben in bisher nur wenig bewohnten Gebieten mit geringem Zivilisations-Komfort entwickelt werden muß. Die Bergleute, die dort arbeiten sollen, erwarten eine angemessene Unterbringung in neu zu bauenden Wohnungen und Siedlungen. Das gilt vor allem für Länder wie die USA, die Sowjetunion und Australien, in denen große Kohlenvorräte in wenig aufgeschlossenen Gebieten anstehen. Das Kohleministerium der Sowjetunion rechnet damit, daß nach dem vollen Aufschluß des Kohlevorkommens von Kansko-Atschinsk für die dort geplante Förderung von jährlich 1 Mrd t bei einer Schichtleistung, wie sie im rheinischen Braunkohlenbergbau erreicht wird, 60000 Bergleute beschäftigt werden und daß einschließlich der Arbeiter in den Neben- und Hilfsbetrieben und der Familienangehörigen für 240000 Personen Unterkünfte und Siedlungen geschaffen werden müssen.

Bei den Investitionsentscheidungen über die Entwicklung neuer Gruben einschließlich Infrastruktur und Transportmöglichkeiten spielen der Kapitalbedarf und – zumindest in den westlichen Industrieländern – die erwartete Rentabilität eine ausschlaggebende Rolle. In den USA müßten, um das von der Carter-Administration für 1990 festgesetzte Förderziel von 1350 Mio t zu erreichen, nach der bereits erwähnten Studie des Department of Interior etwa 150 Mrd Dollar investiert werden. Die Royal Dutch/Shell-Gruppe, die – wie andere Ölgesellschaften – weltweit begonnen hat, Kohlevorkommen zu erwerben und Kohlengruben zu entwickeln, und die deshalb einen guten Überblick haben muß, hat vor einiger Zeit den Kapitalaufwand je t SKE Jahresförderkapazität mit 70 bis 140 US-Dollar angegeben. Für den Aufschluß einer Grube mit 5,5 Mio t Jahresförderkapazität im Nebo-Bezirk im australischen Queensland müßten einschließlich Infrastruktur etwa 600 Mio austr. Dollar aufgewendet werden, umgerechnet etwa 285 DM je Jahrestonne. In der Bundesrepublik Deutschland ist wegen der großen Teufe der Flöze und der schwierigen Lagerstätte mit 600 DM je t Jahresförderkapazität zu rechnen.

Die Entscheidungen über derart hohe Kapitalaufwendungen werden in Erwartung langfristig weiter steigender Preise und eines verringerten Angebots an Mineralöl gewiss positiv ausfallen. Sie müssen aber im Hinblick auf den Zeitbedarf von 5 bis 15 Jahren für die Entwicklung neuer Kohlengruben unverzüglich getroffen werden, in einem Augenblick also, in dem Kohle am Weltmarkt noch in ausreichenden Mengen und zu günstigen Preisen angeboten wird.

Bei einer früheren Gelegenheit bin ich ausführlich auf die Hemmnisse eingegangen, die einer Steigerung der Kohlenförderung und der Kohlenexporte in den USA, in Australien, Südafrika und Polen entgegenstehen. Wegen der Kürze der Zeit, die mir für meinen Vortrag zur Verfügung steht, muß ich darauf verzichten, heute ausführlicher auf die voraussichtliche Entwicklung der Kohlenexporte in der Sowjetunion, der V.R.

China, Indien und in den Entwicklungsländern einzugehen. Nur so viel möchte ich heute sagen, daß nach meiner Kenntnis der Verhältnisse und vor allem der Probleme in diesen Ländern keine positiven Überraschungen, also keine Überschreitungen der Exportmengen zu erwarten sind, die der 10. WEC im Jahre 1977 angegeben wurden.

Schon während der Diskussion der Förderziele und der Exportabsichten der großen kohleproduzierenden Länder auf der 10. WEC haben Vertreter der Länder mit nur geringen Kohlenvorräten darauf hingewiesen, daß die in Aussicht gestellten Exportmengen nicht genügen, um einen ausreichend großen Weltkohlemarkt aufzubauen, auf dem sie ihren Importbedarf decken können. Das gilt vor allem für Entwicklungsländer wie Brasilien, Algerien, Taiwan, Süd-Korea, deren Bedarf an Primärenergie überproportional steigen wird.

Aufgrund dieser Diskussion haben die wichtigsten Kohleländer wie die USA, die Sowjetunion, Australien, die V.R. China und die Republik Südafrika der Conservation-Commission angegeben, welche Förderung sie bei Nutzung aller technischen Möglichkeiten erreichen können. Unter dieser Voraussetzung könnten, wie es in dem Bericht der Conservation-Commission heißt, im Jahre 1985 statt 3,9 Mrd t SKE etwa 4,5 Mrd t und im Jahre 2000 statt 5,8 Mrd t etwa 7,4 Mrd t SKE gefördert werden. Die Mehrmengen würden für den Export verfügbar sein, vorausgesetzt, daß die notwendige Infrastruktur und Transportmöglichkeiten geschaffen werden.

Nachdem ich Ihnen über die Schwierigkeiten und Engpässe einer Steigerung der Förderung auf die zur 10. WEC genannte Höhe berichtet habe, werden Sie mir zustimmen, daß es unrealistisch wäre, von den später angegebenen höheren Förder- und Exportmengen auszugehen, zumal die genannten Voraussetzungen für eine derartige Fördersteigerung nicht gegeben sind.

Damit beantwortet sich auch die Frage, warum ich mich in

meinem Bericht auf die zur 10. WEC angegebenen Daten und nicht auf neuere Prognosen gestützt habe, die die Entwicklungen des Jahres 1979 auf dem Welterdölmarkt berücksichtigen. Tatsächlich gibt es nur für einzelne Länder, wie die USA, derartige neue Vorschauen, aber keine von allen kohlefördernden Ländern nach einheitlichen Kriterien ausgearbeiteten Prognosen, wie sie der 10. WEC vorgelegt wurden.

Aber ein wichtiger Gesichtspunkt wird in den neuen Prognosen und Programmen deutlich: In seiner Erklärung zur Energiepolitik vom 15. Juli 1979 hat Präsident Carter ein Programm zur Substitution von Mineralölprodukten durch synthetische Brennstoffe verkündet. In diesem Programm ist vorgesehen, daß ab 1990 jährlich 240 Mio t Kohle eingesetzt werden sollen, um 75 Mio t Mineralöl zu ersetzen. Wenn tatsächlich in den 90er Jahren in den USA und in anderen Industrieländern große Anlagen zur Vergasung und Verflüssigung von Kohle gebaut werden, wird sich die Verfügbarkeit von Kohle für die Deckung des konventionellen Bedarfs und natürlich auch für Exportlieferungen fühlbar verringern.

Deshalb möchte ich zusammenfassend feststellen, daß nach meiner Überzeugung die der 10. WEC angegebenen Exportmengen von 300 Mio t im Jahre 1985 und 580 Mio t im Jahre 2000 auch unter den neuen Terms of Trade des Weltenergiemarktes nicht überschritten werden. Das bedeutet, daß am Weltmarkt 1985 höchstens 100 Mio t SKE und im Jahre 2000 höchstens 380 Mio t SKE mehr zur Verfügung stehen werden als 1975.

Damit ist auch der Beitrag abgegrenzt, den die Kohle zur Deckung des künftigen Bedarfs an Primärenergie in Ländern leisten kann, die nicht über eigene Energievorkommen, insbesondere nicht über ausreichende Möglichkeiten zur Förderung von Kohle verfügen. Zu diesen Ländern gehört Japan, das 1977 rund 61 Mio t Kokskohle eingeführt hat, bis zum Jahre 1995 aber seine Importe auch an Kesselkohle auf 80 Mio t jährlich steigern will. Zu diesen Ländern gehört Frankreich,

das jährlich 8 bis 9 Mio t Kokskohle aus der BR Deutschland und 20 Mio t Kesselkohle aus Dritten Ländern bezieht, das aber zu Ende des Jahrhunderts jährlich 100 Mio t Kesselkohle auf dem Weltmarkt beschaffen will und schließlich Italien sowie die zahlreichen Entwicklungsländer, die ohne eigene Kohlevorkommen ihre Industrien ausbauen, um den Lebensstandard ihrer Bevölkerung zu heben.

Auf dem letzten Steinkohlentag am 18. Oktober 1979 hat der Vorsitzende des Gesamtverbandes des deutschen Steinkohlenbergbaus, Herr Dr. Bund, erklärt, daß der erwartete Mehrverbrauch von Kohle in unserem Lande etwa ab 1985 auch durch zusätzliche Importe gedeckt werden muß. Damit wird dann auch die Bundesrepublik, die 1979 bereits 9 Mio t Kohle importiert, andererseits aber 27 Mio t Kohle und Koks exportiert hat, für den wachsenden Mehrbedarf auf den Weltmarkt angewiesen sein.

Was die Verfügbarkeit an heimischer Steinkohle betrifft, so könnte der deutsche Steinkohlenbergbau – abgesehen von dem Zugriff auf die Haldenbestände – nach der erwähnten Erklärung von Herrn Dr. Bund die Kohleförderung bis zum Jahre 1990 auf 95 Mio t steigern. Einschließlich einer Kürzung der Exporte in Drittländer würde sich die Verfügbarkeit an heimischer Steinkohle auf dem Inlandsmarkt bis 1985 um 15 Mio t und bis 1990 um etwa 20 Mio t SKE jährlich erhöhen. Mit dieser Menge würde der deutsche Steinkohlenbergbau im Falle einer Verknappung des Mineralöls einen beachtlichen Beitrag zur Entspannung der Lage leisten. Für einen darüber hinausgehenden Mehrbedarf muß, beginnend etwa im Jahre 1985, Importkohle beschafft werden.

Wie hoch dieser Mehrbedarf sein wird, der nicht aus der eigenen Förderung gedeckt werden kann, das hängt vor allem von der Entwicklung des Gesamtbedarfs an Primärenergie und von der Verfügbarkeit anderer Energieträger, insbesondere von Mineralöl, Erdgas und Kernenergie ab. Für eine Übergangszeit kann ein Mehrverbrauch von Steinkohle auch

durch die technischen Einsatzmöglichkeiten begrenzt werden. Die Internationale Energie-Agentur hat in einer Studie, die im Dezember 1978 vorgelegt wurde, eine Schätzung des Kohlebedarfs in der Bundesrepublik vorgenommen, die von einer langsameren Entwicklung der Stromerzeugung aus Kernenergie und von einem stärkeren Einsatz von Kohle ausgeht, als die Schätzung der drei deutschen Institute anläßlich der 2. Fortschreibung des Energieprogramms. Sie kommt zu dem Ergebnis, daß im Jahre 1990 bereits 22,3 Mio t und im Jahre 2000 etwa 72 Mio t Kraftwerkskohle eingeführt werden müssen.

Als neue Prognose möchte ich die kürzlich veröffentlichte Untersuchung der Mobil Oil AG erwähnen, die im Jahre 2000 offenbar unter dem Eindruck der Ereignisse des vergangenen Jahres einen um 80 Mio t SKE oder um 13% geringeren Gesamtverbrauch an Primärenergie erwartet, als die Perspektive der drei Energieinstitute. Bei einem gleichbleibenden Import an Mineralöl von 141 Mio t jährlich wird sich nach Meinung der Mobil Oil AG der Kohleverbrauch bis zum Jahre 2000 um rund 35 Mio t SKE erhöhen.

Wenn man aus diesen Prognosen nur die extremen Werte berücksichtigt, dann wird die Bundesrepublik im Jahre 2000 etwa 22 bis 70 Mio t, im Mittel etwa 50 Mio t Kohle zusätzlich einführen müssen, und die Länder des Gemeinsamen Marktes, die 1979 rund 45 Mio t aus Dritten Ländern importiert haben, werden zusätzlich 255 Mio t Kohle auf einem Weltmarkt beschaffen müssen, auf dem im Jahre 2000 höchstens 380 Mio t mehr zur Verfügung stehen als 1975.

In welchen Mengen und für welche Zeit Einfuhrkohle zur Deckung des Energiebedarfs zur Verfügung stehen wird, ist ungewiß. Da nicht nur die Bundesrepublik, sondern auch andere Industrieländer im Falle einer Beschränkung des Angebots versuchen werden, Mineralöl in stärkerem Maße durch Kohle zu ersetzen, muß mit einer Verknappung des Angebots an Kohle auf dem Weltmarkt und mit beachtlichen

Preissteigerungen auch für feste Brennstoffe gerechnet werden, die übrigens bereits eingesetzt haben. In diesem Fall kann nur durch drastische Sparmaßnahmen und eine verstärkte inländische Gewinnung ein Ausgleich unserer Energiebilanz erreicht werden.

Ich möchte nunmehr die Ergebnisse meines Berichts zusammenfassen. Da Mineralöl knapp und teuer geworden ist, liegt es nahe, stärker auf die großen, in absehbarer Zeit nicht erschöpflichen Vorräte an Kohle zurückzugreifen.

Die technischen Möglichkeiten zur Steigerung der Kohleförderung sind ausreichend, um den Bedarf aller Industrie- und Entwicklungsländer zu decken. Es gibt jedoch Hemmnisse und Engpässe, die die Steigerung der Kohleförderung in allen wichtigen Ländern begrenzen.

Die Internationale Energieagentur hat deshalb zugleich mit den im Mai 1979 in Paris beschlossenen Grundsätzen für Maßnahmen im Kohlebereich einen dringenden Appell an die Regierungen ihre 20 Mitgliedstaaten gerichtet, die Hemmnisse, die dem Abbau und der Verwendung von Kohle entgegenstehen, zu beseitigen. Wenn dieser Appell nicht befolgt wird, dann werden nach meiner Überzeugung auf dem Weltmarkt im Jahre 1985 höchstens 300 Mio t und im Jahre 2000 etwa 580 Mio t Kohle zur Verfügung stehen.

Mit diesen Mengen kann die Steinkohle einen zwar beachtlichen, aber doch begrenzten Beitrag zur Deckung des künftigen Bedarfs an Primärenergie leisten, der trotz der gebotenen Sparmaßnahmen weiter anwachsen wird.

Für eine Lösung der künftigen Energieprobleme müssen deshalb alle Energieträger einen Beitrag leisten, und das gilt besonders für die Kernenergie.

Die Energiepolitik in der Bundesrepublik Deutschland

Ulrich Engelmann

Ich bin gebeten worden, über die Grenzen der Energiepolitik – nicht über ihren Inhalt – zu sprechen und beginne mit einigen Schlaglichtern: Es steht Iran als brandaktuelles Thema für Unsicherheit der Versorgung; es steht Caracas für Preissprung und Auswirkungen auf die Volkswirtschaft; es steht Gorleben für innenpolitische Grenzen einer nationalen Energiepolitik; es steht Paris als Ausdruck der sich öffnenden internationalen Zusammenarbeit.

Nun zu den Grenzen und Handlungsspielräumen: Das sind einerseits die Fakten und das ist andererseits natürlich die Einbindung der Energiepolitik in die Innenpolitik, in die Außenpolitik und in die Wirtschaftspolitik. Diese Fakten, die die Grenzen und Möglichkeiten bestimmen, sind schlicht folgende: Eine Einfuhrabhängigkeit beim Primärenergieverbrauch insgesamt von 57%, beim Öl von 95%, beim Erdgas von 62% und eine Kohleproduktion in diesem Jahr von 84 000 000 t bei einem Inlandsbedarf von nur 68 000 000 t. Dies bedeutet, daß wir zwar ein kleiner, aber feiner Teilnehmer am Weltkohlemarkt sind, aber gegenwärtig nur in einer Richtung. In den nächsten Jahren wird der Export deutscher Steinkohle in die Drittländer zurückgehen, außerhalb der EG möglicherweise sogar auf Null, und der Import von Steinkohle allmählich zunehmen.

Ich habe bereits die Kopflastigkeit der deutschen Energieeinfuhren geschildert. Dem gegenüber steht die Kopflastigkeit unseres Exportes: 34% der deutschen Energie werden in der deutschen Industrie verbraucht; 30% unseres Bruttosozialproduktes sind Warenexport. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit einer gesicherten Energieversorgung zu international wettbewerbsfähigen Preisen. Wenn man weiß, welche Kosten-

elemente bei einzelnen Branchen die Energiekosten sind – um nur Bereiche wie Glas, Feinkeramik, Chemie zu erwähnen –, dann wird deutlich, daß ein Eckdatum für die deutsche Energiepolitik ihre Sicherstellung zu einem international wettbewerbsfähigen Preis ist. Wenn wir uns ansehen, wie der Rohölpreis von Dezember 1978 bis Ende 1979 um 125% gestiegen ist, dann weiß jeder, was dieser Preissprung für eine Volkswirtschaft bedeutet.

Damit komme ich zu meiner wesentlichen Aussage, nämlich den Aussichten für 1980: Wir sind der Meinung, daß alles für weiter steigende Energiepreise spricht. Wir sind ebenfalls der Meinung, daß eine der Schwierigkeiten von 1979 ausgelöst worden ist durch die Tatsache, daß von 1975 bis 1978 im Durchschnitt der Rohölpreis jährlich um 4% gefallen ist. Damit ist an die Wirtschaft das falsche Signal über die Knappheit dieses Gutes gegeben worden. Damit sind die notwendigen Umstellungsprozesse mindestens behindert worden und müssen jetzt nachgeholt werden.

Die Konsequenz daraus ist die folgende: Bei dieser Struktur und der Verknappung des Öls muß richtigerweise der Energiepreis steigen. Aber diese realen Preissteigerungen müssen kontinuierlich erfolgen. Intakte Volkswirtschaften werden mit dieser Anpassung fertig. Aber sie werden nicht oder weniger gut mit Preissprüngen fertig.

Die Schlagworte zum Inhalt der deutschen Energiepolitik sind bereits alle gefallen: An erster Stelle steht die Einsparpolitik. Eine nicht verbrauchte Tonne Öl ist billiger als eine zusätzlich zu produzierende. Die Maxime lautet: »Weg vom Öl bei entsprechender Substitution durch Kohle, insbesondere in der deutschen Industrie.« Die Bundesregierung hat 1979 den Versuch gemacht, ein Einfuhrkontingent für Importkohle, gebunden an die Substitution in der Industrie, freizugeben. Der Response war aus guten Gründen mehr als mäßig. Die im September 1979 zugestandene Einfuhrmöglichkeit wurde nur zu 10% ausgeschöpft. Damit wurde ein Problem deutlich,

nämlich daß zur Umstellung und Umweltgenehmigung für das Verbrennen von Kohle weitere Investitionen notwendig sind. Damit wird erneut das entscheidende Problem für unsere Volkswirtschaft angeschnitten, daß wettbewerbsfähige Preise unabdingbar sind. Außerdem muß die Energiepolitik in die allgemeine Wirtschaftspolitik eingebunden sein. Dies bedeutet, daß der Anpassungsprozeß in erster Linie von der Wirtschaft durchgeführt werden muß und daß die staatliche Intervention sich auf die Flankierung beschränken muß. Aber jeder, der die deutsche Energiepolitik kennt, weiß, daß die Summe der Interventionen bereits beachtlich ist. Trotzdem gilt der Grundsatz, immer wieder zu versuchen, zunächst im Rahmen der Globalsteuerung auch diese Probleme zu lösen. Ein Beispiel: Energieeinsparung ist nicht möglich ohne Wachstum. Dieser Satz wurde vor 2 ½ Jahren noch sehr bestritten. Energieeinsparung in der Industrie verlangt Investitionen. Sie werden aber nur gemacht, wenn das entsprechende gesamtwirtschaftliche Klima positiv ist. So kann man einen Einsparprozeß zugleich in Richtung einer konjunkturell positiven Entwicklung nutzen. Darum hat die Bundesrepublik in ihrer Energiepolitik das Durchschlagen der gestiegenen Energiepreise auf dem Markt voll akzeptiert. Deshalb mußte sie aber auch im sozialen Bereich einen Heizölkostenzuschuß vorsehen.

Ein Grund für die relativ gute Überwindung der Probleme 1973/74 und auch 1979 durch die deutsche Volkswirtschaft ist, daß sie sehr stark ist, weil der Staat seine Interventionen auf das nach seiner Meinung notwendige Ausmaß begrenzt. Ich lasse hierbei die Einordnung der Elektrizitätswirtschaft in die Marktwirtschaft außer acht.

Eine weitere Frage ist, wie es mit der Politik »Weg vom Öl« aussieht. Zum Leidwesen mancher sind wir in der Verstromungspolitik hier sehr erfolgreich gewesen. Der Einsatz des Öls hat sich seit 1973/74 von 15% auf heute 9% rückentwikkelt. Dies geschah mit Hilfe der Verstromungsgesetze und

einem finanziellen Aufwand, der der deutschen Kohle in diesem Sektor Marktvorteile brachte. Die Problemfelder Iran und Caracas haben mindestens nachträglich bewiesen, daß diese Politik im Prinzip richtig gewesen ist.

Ohne den gesamten Katalog der Einsparpolitik nennen zu wollen, sei nur ein weiterer Punkt erwähnt: Unsere Vereinbarung mit der Automobilindustrie, in einer Selbstbindung den Verbrauch von Treibstoff bis 1985 um 12% zu mäßigen, ist ebenfalls Ausdruck dieser Einsparpolitik. Über eine Verschärfung dieser Zusage soll noch in diesem Frühjahr verhandelt werden. Noch in dieser Woche wird der Bundeswirtschaftsminister eine entsprechende Vereinbarung mit den Herstellern deutscher Elektrogeräte unterschreiben, die das gleiche Ziel beinhaltet, nämlich auch hier zu einer Selbstbindung zu kommen.[1] Diese deutsche Vorgehensweise wird in Brüssel als Modell für andere internationale Vereinbarungen genommen. Die Art der Vereinbarungen ermöglicht es uns, auf eine größere Bürokratie zur Durchsetzung dieser Politik zu verzichten.

Wir stehen vor der Wende »Weg vom Öl« und »Wieder zurück zur Kohle«. Die Verhandlungen mit dem deutschen Steinkohlenbergbau bestätigen dies. Der deutsche Steinkohlenbergbau wird in den nächsten Jahren an die Grenzen seiner Angebotsmöglichkeiten kommen, und zwar noch in diesem Jahrzehnt. Damit stehen die Politiker vor der Frage, wie sie hierauf handelspolitisch reagieren sollen. In diesem Punkt spielt die deutsche Energiepolitik eine Sonderrolle. Es ist bekannt, daß wir in intensiven Gesprächen über eine Veränderung der gegenwärtigen Beziehung zwischen der Elektrizitätswirtschaft und dem deutschen Steinkohlenbergbau sind.[2]

1 Die Vereinbarung wurde am 30. 1. 1980 unterzeichnet.

2 Elektrizitätswirtschaft und Bergbau haben am 24. 3. 1980 Einvernehmen über eine Aufstockung und Verlagerung des Kohleeinsatzes bei Stromerzeugung erzielt. Die sich hieraus ergebenden gesetzlichen Änderungen wurden vom Bundeskabinett am 26. 3. 1980 beschlossen.

Dies darf jedoch für den Verbraucher keine höheren Kosten, sondern eher weniger als heute bedeuten. Das gleiche gilt auch für die deutsche Braunkohle.

Bei der Nachfrageprognose nach deutscher Kohle muß aber auch das Thema Kohleveredelung einbezogen werden. Hier wird die Bundesregierung in Kürze das Kohleveredelungsprogramm verabschieden.[1] Daraus folgert aber nicht nur eine Nachfrage nach deutscher, sondern auch nach importierter Kohle. Es bedeutet auch, daß die Braunkohle für die Verstromung längerfristig betrachtet nicht in diesem Maße zur Verfügung stehen wird. Sie sollte allerdings auch unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht mehr länger zur Verfügung stehen.

Diese Fragenstellungen leiten über zum Thema Kernenergie. Nimmt man Braunkohle aus der Verstromung, bedeutet dies einen entsprechenden Einsatz von Kernenergie. Kernenergie ist auch notwendig zur Substitution von Öl. Für den privaten Haushalt, der auf Ölbasis versorgt wird und nicht am Gasnetz oder am Fernwärmenetz angeschlossen ist, bietet sich keine Alternative. Er kann nur – für die Umwelt sehr positiv – versuchen, seinen Energiebedarf der Steckdose zu entnehmen. Allerdings sollte dies möglichst in Kombination mit einer Wärmepumpe geschehen. Wenn wir heute feststellen, daß bei Gas und Fernwärme die Anschlußwünsche nicht befriedigt werden können, und wir zur gleichen Zeit die Heizölpreise in ihrem neuen gestiegenen Niveau sehen, dann wird deutlich, daß es hier eine Kausalkette hin zur Kernenergie gibt. Allerdings muß als Stichwort der Begrenzung in diesem Zusammenhang »Gorleben« genannt werden.

Im Zusammenhang mit der internationalen Energiepolitik müssen wir uns an die letzten Schätzungen des Internationalen Währungsfonds zu den Zahlungsbilanzungleichgewichten

1 – Das Kohleveredlungsprogramm wurde vom Bundeskabinett am 26. 1. 1980 verabschiedet.

erinnern. Wir haben eine akute Mengenkrise. Sie kann nur gelöst werden durch Verteilung des Mangels. Dazu gibt es Vereinbarungen in der EG und in der Pariser Energie-Agentur. Die Bereitschaft zu einem kurzfristigen Preisrisiko, die wir nach Caracas 1979 dokumentiert haben, kann eigentlich nur durch eine starke Volkswirtschaft und durch entsprechende bilaterale und multilaterale Gespräche mit den Förderländern aufgefangen werden.

Der Internationale Währungsfond erwartet für 1980 die folgenden Zahlen: In der Zahlungsbilanz der Ölländer wird ein Überschuß von 100 Milliarden Dollar ausgewiesen, bei den Industrieländern ein Defizit von 18 Milliarden Dollar, bei den Nichtölentwicklungsländern ein Defizit von 65 Milliarden Dollar, verglichen mit 33 Milliarden Dollar im Jahre 1978. Mit diesen Eckdaten für nationale und internationale Energiepolitik müssen wir rechnen. Diese Zahlen beweisen die Brisanz, die im gesamten Nord-Süd-Verhältnis und dem Verhältnis Industrieländer/Entwicklungsländer verborgen ist. Eine Antwort hierauf kann nur in einer internationalen Anstrengung aller Beteiligten gefunden werden. Hinzu kommt, daß sich die Situation gegenüber 1973/74 verändert hat. Die physische Aufnahmefähigkeit der Ölförderländer für Investitionsgüter ist nicht mehr die gleiche. Die Entwicklungsplanung dieser Länder ist sorgfältiger geworden. Dies hat zum Ergebnis, daß die Lieferung »auf den Kai« nicht mehr stattfinden wird. Hinzu kommt, wie am Beispiel Iran zu sehen ist, daß sich ein Widerstand gegen die schnelle Umstellung von wirtschaftlichem und gesellschaftlichem Leben ergeben wird.

Die langfristigen Zahlen sind bekannt. Die Einstellung der Bundesregierung zur internationalen Energiepolitik, was die Supranationalität angeht, ist skeptisch. Die Interessengegensätze in Brüssel sind ausgeprägt. Eine einheitliche supranationale Verfügung über die Energieressourcen ist unrealistisch. Dies gilt sowohl für das Gas und Öl der Engländer als auch – leider – für die deutsche Kohle. Das Stichwort lautet also:

Koordinierung der nationalen Energiepolitiken, Harmonisierung, soweit wie möglich, und Ausrichtung auf die gleichgerichteten globalen Ziele mit einer Gleichverteilung der Probleme auf die beteiligten Länder.

Die deutsche Energiewirtschaft ist in ihrer privatwirtschaftlichen Organisation, flankiert durch die staatlichen Maßnahmen, nicht schlecht gerüstet. Sie kann in einer internationalen Energiepolitik den Wettbewerb um die besten Ideen wagen. Die letzten Zahlen aus dem Jahre 1979 können sich sehen lassen: 4,4% Bruttosozialproduktzuwachs, 5,9% Primärenergiezuwachsrate bei nur 3,3% Ölzuwachs und bei + 5% mehr benzingetriebenen Autos in diesem Jahr. Wenn dabei der Treibstoffverbrauch nur um 1,3% gestiegen ist, ist dies nicht uninteressant. Auch daß beim leichten Heizölverbrauch trotz des extremen Winters, eines Vorratsaufbaues der Wirtschaft und der Verbraucher ein Rückgang von 0,5% zu verzeichnen ist, ist nennenswert. Diese Zahlen darf man jedoch nicht undifferenziert mit amerikanischen Zahlen vergleichen. Zwischen einem Bruttosozialproduktzuwachs von 4,4% und einer rezessiven Erscheinung ist in der Ausgangslage und vom Potential der Einsparung her ein gewaltiger Unterschied.

Einsatzmöglichkeiten und Substitutionspotential der Kernenergie

Karl Heinz Beckurts

I.

Da wir am Anfang eines neuen Jahrzehnts stehen, möchte ich zunächst einen Blick zurück auf die vergangene Dekade werfen. Ein Vortrag zu unserem Thema hätte Anfang der 70er Jahre anders geklungen. Das Vertrauen in die Kraft von Wissenschaft und Technik und in die Möglichkeiten weiteren Wirtschaftswachstums war ungestört. Erste kommerzielle Kernkraftwerke hatten den erfolgreichen Betrieb aufgenommen und die Kernenergie wurde weltweit als *die* Methode der Wahl zur künftigen Stromerzeugung angesehen. Allein in den westlichen Industriestaaten wurden zwischen 1970 und 1975 rund 200 Kernkraftwerke bestellt und es erfolgte ein kräftiger Ausbau der Reaktorindustrie in der Erwartung weiterer Aufträge. Während der Genfer UNO-Konferenz über die friedliche Nutzung der Kernenergie 1971 wurde eine Weltnuklearkapazität von 3500 GW(el) für das Jahr 2000 vorausgesagt. Ich erinnere mich auch an einen Vortrag von Alvin Weinberg bei dieser Tagung, bei dem er sich mit den Problemen einer Welt auseinandersetzte, in der mehr als 100-Terawatt-Kernkraftwerke betrieben wurden. In Amerika progagierte Präsident Nixon den Brüter als Königsweg zur Energieautarkie und nahezu alle Industriestaaten visierten die Errichtung großer Brüterdemonstrationsanlagen an. Die Kernenergie galt, nahezu unumstritten, als Wohltat für die Staaten der Dritten Welt; eine frühe Marktstudie der IAEO rechnete für das Jahr 2000 mit Kernkraftwerken von 300 GW(el) in mehr als 40 Entwicklungsländern. Die Perspektiven für den Welthandel mit kerntechnischen Erzeugnissen waren sehr gut; es wurde erwartet, daß die durch den Nichtverbreitungsvertrag geschaf-

fenen Randbedingungen stabil bleiben und den Aufbau großer und sicherer Märkte ermöglichen würden. Die Uranversorgung erschien langfristig gesichert und hinreichend diversifiziert; die Aussichten für den Aufbau einer leistungsfähigen Brennstoffkreislaufindustrie waren gut. Viele dieser Entwicklungen waren bereits vor 1973 eingeleitet worden und die Menschheit erschien damit wohl vorbereitet, als die Jom-Kippur-Krise des Jahres 1973 das Ende der Zeit des billigen Öls einleitete.

2.

Es ist in diesem Kreise wohl kaum nötig festzustellen, daß sich die Perspektiven der Kernenergie am Anfang dieses neuen Jahrzehnts deutlich anders darstellen. Ihre technische Leistungsbilanz ist dabei durchaus positiv. Weltweit laufen jetzt 230 Kernkraftwerke, die im Jahre 1979 rund 600 Milliarden kWh in das Netz geliefert haben und deren Betrieb somit rund 200 Millionen t SKE an fossilen Brennstoffen eingespart hat. Die Betriebserfahrung beträgt nahezu 2000 Reaktorbetriebsjahre, wobei noch kein Unfall geschehen ist, bei dem eine relevante Freisetzung von Radioaktivität erfolgte. Wir kennen auch keinen Zwischenfall, bei dem Unbeteiligte durch Strahlenwirkung getötet worden sind. Die Kernenergie ist an den meisten Standorten mit alternativen Energieträgern konkurrenzfähig und wir verfügen über die Technologie, die industrielle Kapazität und die Rohstoffbasis, um sie zu einer leistungsfähigen großen Energiequelle weiterzuentwickeln. Dies geschieht auch in einigen Ländern der Welt, vor allem in Frankreich und in der Sowjetunion und bei einigen ihrer Bündnispartner. In unserem Land, in den USA, in Schweden und, wenn auch weniger ausgeprägt, in manchen anderen Industriestaaten steht die Kerntechnik in einer schweren politischen Krise, die in einigen Fällen sogar lebensbedrohend für die Nuklearindustrie sein kann. Wir alle kennen die vielfälti-

gen Gründe für diese Entwicklung – wie etwa das Erstarken von Umweltschutzbewegungen in vielen dieser Länder, aber auch der weitgehend konjunkturbedingte Rückgang des Energieverbrauchs bzw. der Zuwachsraten nach 1974, der noch heute die Legende von den Überkapazitäten nährt. In den letzten Jahren haben drei einzelne Entwicklungen wohl im besonderen Maße zur Zuspitzung der Situation beigetragen.

Da ist zum ersten der Unfall von Harrisburg, der auch noch heute nach fast 10 Monaten wirkt, obwohl wir aus dem Kemeny-Bericht wissen, daß er keine wesentlichen Umweltauswirkungen gehabt hat und auch keinen Anlaß gibt, die sicherheitstechnischen Grundkonzepte der Kernenergie in Zweifel zu ziehen. Aber er führte zu einer noch andauernden Lähmung der Genehmigungsbehörden in den USA und hat in Schweden neue politische Zweifel an der Kernenergie genährt, über die nun in einer Volksabstimmung entschieden werden soll. Und auch in unserem Land beeinflußt Harrisburg die Sicherheitsdiskussion.

Als zweite wesentliche Entwicklung, die die Kernenergie nach 1976 weltweit beeinflußt hat, möchte ich die amerikanische Nichtverbreitungspolitik nennen. Es bestehen für mich keine Zweifel, daß diese Politik aus echter Sorge über das Problem der Kernwaffenverbreitung initiiert worden war und daß es nicht ihr Ziel war, die weltweite Nutzung der Kernenergie zu behindern. Ob das Hauptziel erreicht wurde, steht noch nicht fest und ist eher zweifelhaft; fest steht dagegen, daß die Politik und der generell damit einhergehende internationale Vertrauensschwund ganz erheblich dazu beigetragen haben, die Entwicklung der Kernenergie zu behindern. Sie hat ein Element der Unsicherheit in viele nationale Programme gebracht und Zweifel an der Versorgungssicherheit der Kernenergie genährt, und sie hat den Kernenergiegegnern in vielen Ländern erheblichen Auftrieb gegeben.

Die Politik hat aber auch, und das möchte ich hier als dritte Entwicklung getrennt erwähnen, zu der mittlerweile fast voll-

ständigen internationalen Verwirrung bei den Entsorgungskonzepten geführt. In der Fachwelt gibt es nach wie vor keinen Zweifel, daß Entsorgung auf die Dauer ökologisch und ökonomisch am besten in Verbindung mit Wiederaufarbeitung erfolgt. Dennoch steht das von den Amerikanern aus politischen Gründen geschaffene Konzept der direkten Endlagerung heute überall im Raum und macht es uns und anderen schwer, den technisch richtigen Weg der Entsorgung zu gehen.

Was auch immer die Gründe sein mögen: Nichts geht mehr in der Kerntechnik; seit 1975 hat es in der Bundesrepublik, in Schweden und in den USA keinen Auftrag für ein Kernkraftwerk mehr gegeben.

3.

Alles dieses geschieht zu einem Zeitpunkt, zu dem die Welt in die schwerste Energieversorgungskrise der Neuzeit eintritt. In dieser letzten Dekade ist die Weltbevölkerung um fast 1 Milliarde Menschen gewachsen und der jährliche Energieverbrauch stieg von 6 auf 9 Milliarden t SKE. Nahezu 45% dieses Energiebedarfs werden durch Mineralöl gedeckt, für die OECD-Länder sind es sogar 52%, die zu zwei Dritteln importiert werden müssen. Die Hälfte unseres Öls kommt durch die Straße von Hormuz. Mehrere Vorträge bei dieser Tagung haben die eindruckvollen Dimensionen des Energieproblems aus nationaler und aus internationaler Sicht deutlich gemacht. Jede verantwortungsvolle Energiepolitik muß darauf zielen, das Mineralöl durch andere Energiequellen zu entlasten und dennoch gleichzeitig die steigenden Energiebedürfnisse einer schnell wachsenden Weltbevölkerung zu befriedigen. Rationelle Energieverwendung, Kohle, regenerative Energiequellen, Kernenergie – also alle gangbaren Wege zur Erzeugung und Einsparung müssen gegangen werden, um dieses riesige Weltproblem zu lösen.

In jüngster Zeit hört man gelegentlich das Argument, daß

Kernenergie zur Substitution von Mineralöl nicht beitragen könne, da Kernkraftwerke derzeit nur Grundlastelektrizität und nicht den eigentlich benötigten flüssigen Sekundärenergieträger liefern. Das Argument ist grundverkehrt. Vielmehr kann Kernenergie auf den folgenden drei Wegen maßgeblich zum Abbau der Ölabhängigkeit beitragen:

- direkte und indirekte Ölsubstitution im Kraftwerksbereich
- direkter Ölersatz durch nuklear erzeugte Elektrizität
- Ölsubstitution durch andere mit Hilfe der Kernenergie erzeugte Sekundärenergieträger.

Werden im *Kraftwerkbereich* ölgefeuerte Anlagen durch Kernkraftwerke ersetzt, so lassen sich jährlich in der Bundesrepublik 8 Mio t, in der gesamten OECD-Gruppe jedoch mehr als 320 Millionen t SKE ersetzen. Darüber hinaus trägt ein Einsatz von Kernenergie zur Deckung des wachsenden Bedarfs an Grundlaststrom dazu bei, daß die in ihrer Produktionskapazität in fast allen Ländern beschränkte Kohle verstärkt in den industriellen Wärmemarkt eindringen und hier direkt leichtes und schweres Heizöl ersetzen kann. Auch die Freistellung größerer Kohlemengen für die künftige Veredlung, also die Verflüssigung und Vergasung, wird in vielen Ländern nur möglich sein, wenn Kernenergie die Grundlast der Stromerzeugung weitgehend übernimmt. Diese indirekten Substitutionseffekte sind gerade für die Bundesrepublik von eminenter Bedeutung.

Ein direkter *Ölersatz durch nuklear erzeugte Elektrizität* ist kurzfristig vor allem im Wärmemarkt möglich. Dabei ist es durchaus sinnvoll, Strom beim Letztverbraucher von Energie zur Wärmeerzeugung einzusetzen. Bei der Elektrizitätserzeugung werden zwar je nach Kraftwerkstyp nur etwa 33 bis 40% der eingesetzten Energie in Strom umgewandelt, dafür erhält man aber einen qualitativ hochwertigen Energieträger, der bei der Anwendung entsprechender Techniken sehr effizient genutzt werden kann. In diesem Zusammenhang sind die dezentrale Warmwasserbereitung sowie die elektrisch betrie-

bene Wärmepumpe zu nennen. Bivalente elektrische Wärmepumpen z. B. sparen nicht nur 65% an Heizöl ein, sondern nutzen im Vergleich zur Ölheizung die eingesetzte Primärenergie auch um bis zu 40% besser aus. Im Verkehrbereich wird nuklear erzeugte Elektrizität über den Elektroantrieb längerfristig auch leichte Mineralölprodukte direkt ersetzen können.

Langfristig bietet auch die Umwandlung von *Kernenergie in andere Sekundärenergieträger* als Strom eine Reihe zusätzlicher Optionen zur Erdölsubstitution. Einige dieser Techniken bieten prinzipiell sogar ein Potential zur vollständigen Substitution des Erdöls. Sie sind allerdings noch in der Entwicklung, in ihrer Wirtschaftlichkeit noch nicht zu überblicken, und ihre Markteinführung wird sehr lange Zeit erfordern. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang

- die mittels Wärme-Kraft-Kopplung in Kernkraftwerken erzeugte Fernwärme
- die nukleare Fernenergie (System ADAM und EVA)
- die Erzeugung von synthetischem Öl und Erdgas aus Kohle mit Hilfe nuklearer Prozeßwärme oder nuklearen Prozeßdampfs
- die Erzeugung von Wasserstoff mittels Kernenergie.

Insgesamt kann Kernenergie in unserem Land bis zum Jahre 2000 mehr als 60 Mio t SKE Erdöl jährlich direkt ersetzen, was etwa einem Drittel unseres gegenwärtigen Ölverbrauchs entspricht. Bei Berücksichtigung der indirekten Substitutionsmöglichkeiten ist das Potential noch erheblich höher. Die KFA Jülich hat – gemeinsam mit dem Brookhaven National Laboratory – im Rahmen eines von der Internationalen Energieagentur (IEA) getragenen Projekts systematisch das Potential für verschiedene neue Energieversorgungstechniken untersucht, indem verschiedene Versorgungszenarios für die einzelnen IEA-Länder aufgestellt und sowohl unter dem Gesichtspunkt der Kosten als auch unter dem Gesichtspunkt der Versorgungssicherheit optimiert wurden.[1] Endgültige Ergebnisse dieser Studien können derzeit noch nicht veröffentlicht wer-

den; einige vorläufige, für 15 IEA-Länder[2] zusammengefaßte Ergebnisse werden im folgenden gezeigt.

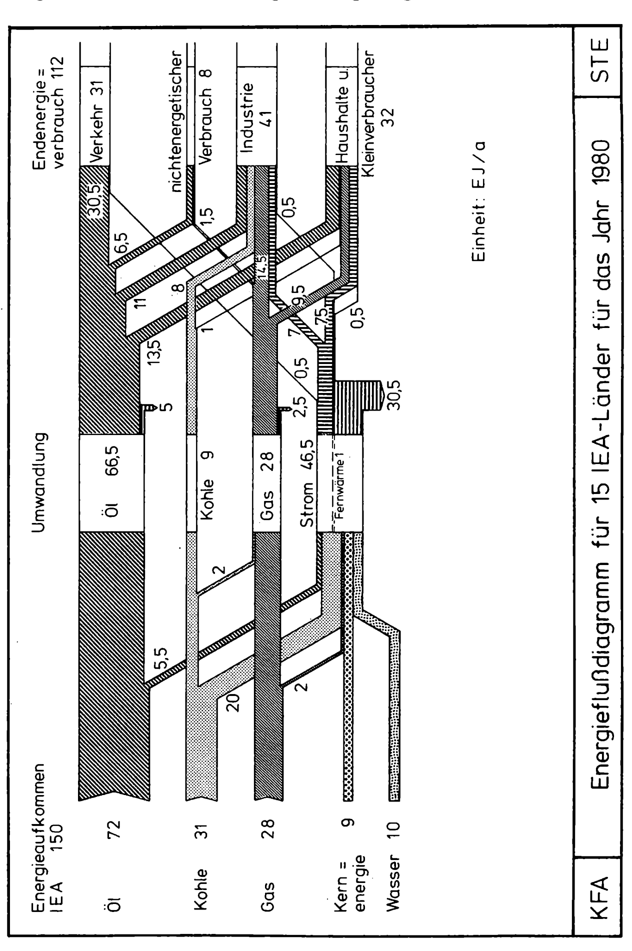


Abb. 1

1 St. Rath-Nagel, V. Sailor, KFA/BNL Project Report on the IEA Energy Systems Analysis Project, Jülich/Brookhaven 1980 (in Vorbereitung)

Beginnen wir mit der Gegenwart anhand Abb. 1. Einheit ist das Exajoule entsprechend 35 Mio t SKE, das Primärenergieaufkommen liegt also bei über 5 Mrd. t SKE im Einklang mit der Tatsache, daß diese 15 Länder fast zwei Drittel des kommerziellen Weltenergieverbrauchs haben. Man erkennt den breiten Einsatz von Öl und Ölprodukten in allen Verbrauchssektoren; ein nicht unbeträchtlicher Anteil wird auch verstromt. Diese Zahlen sind für das Jahr 1980 aus Trends der Jahre 1976–1978 extrapoliert und nicht ganz exakt; tatsächlich ist die verstromte Ölmenge heute noch höher, dagegen ist der Kernenergieanteil kleiner. Abb. 2 gibt jetzt die Ergebnisse einer Substitutionsstrategie für das Jahr 2000 wieder, bei der relativ optimistische Annahmen bezüglich der Implementation fortgeschrittener Technologien gemacht wurden; es erfolgte eine Kostenminimierung mit einer gewissen Einschränkung des kumulierten Nettoölimports. Öl und Gas sind aus der Stromerzeugung, die etwa zur Hälfte von der Kernenergie übernommen wurde, weitgehend verdrängt. Beim nichtenergetischen Verbrauch und im industriellen Wärmemarkt ist Öl durch stärkeren Einsatz von Kohle, im Haushalt durch stärkeren Einsatz von Strom und Gas zurückgedrängt. Abb. 3 zeigt im gleichen Szenario die Entwicklung bis zum Jahre 2020. Öl ist nun sogar in seiner absoluten Menge im Vergleich zur Gegenwart erheblich zurückgegangen und wird konzentriert nur noch im Verkehrsbereich, wo seine Substitution am kostspieligsten ist, verwendet. Die Kernenergie hat zwei Drittel des Elektrizitätssektors übernommen; für die Kohle sind nun Vergasung und Verflüssigung als Anwendungen hinzugetreten. Regenerative Energiequellen leisten einen gewissen Beitrag zur Stromerzeugung und zur direkten Wärmedarbietung, vor allem mittels Wärmepumpen. Man erkennt

2 Belgien, Kanada, Österreich, Dänemark, Bundesrepublik, Irland, Italien, Großbritannien, Japan, Neuseeland, Norwegen, Spanien, Schweden, Schweiz, USA. Es handelt sich um Extrapolationswerte für das Jahr 1980 aus den Jahren 1976–1978.

die Schlüsselrolle, die Kernenergie und Kohle bei einer langfristigen Substitutionsstrategie spielen. Das gilt auch für andere Szenarien, die ein wesentlich bescheideneres Wachs-

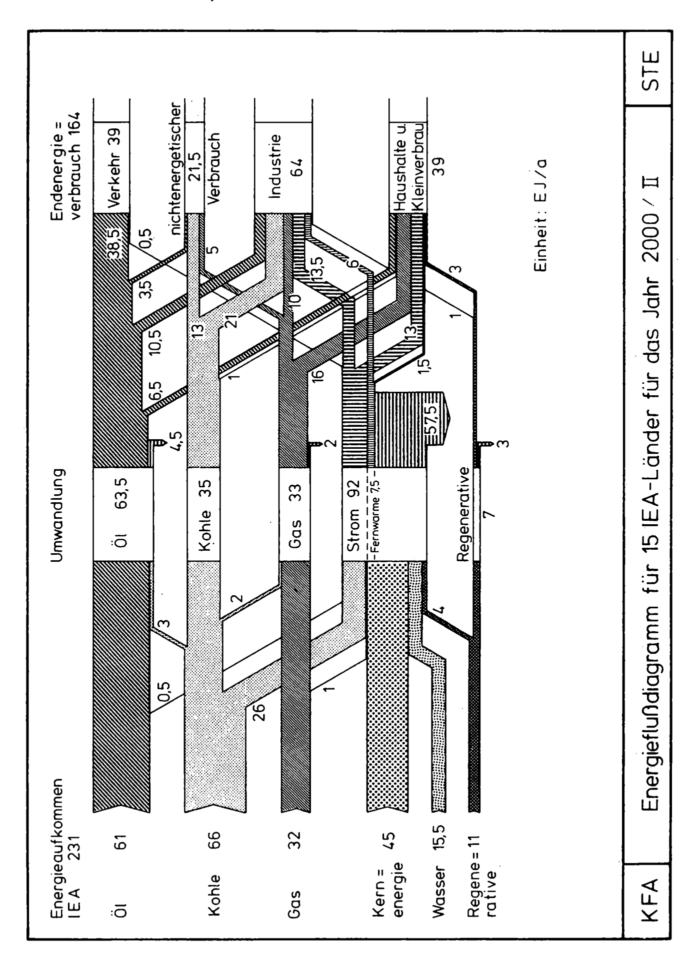


Abb. 2

tum des Endenergiebedarfs beinhalten. Man sollte diese Bilder in ihren Einzelheiten nicht überbewerten, aber diese wesentlichen Züge erkennen.

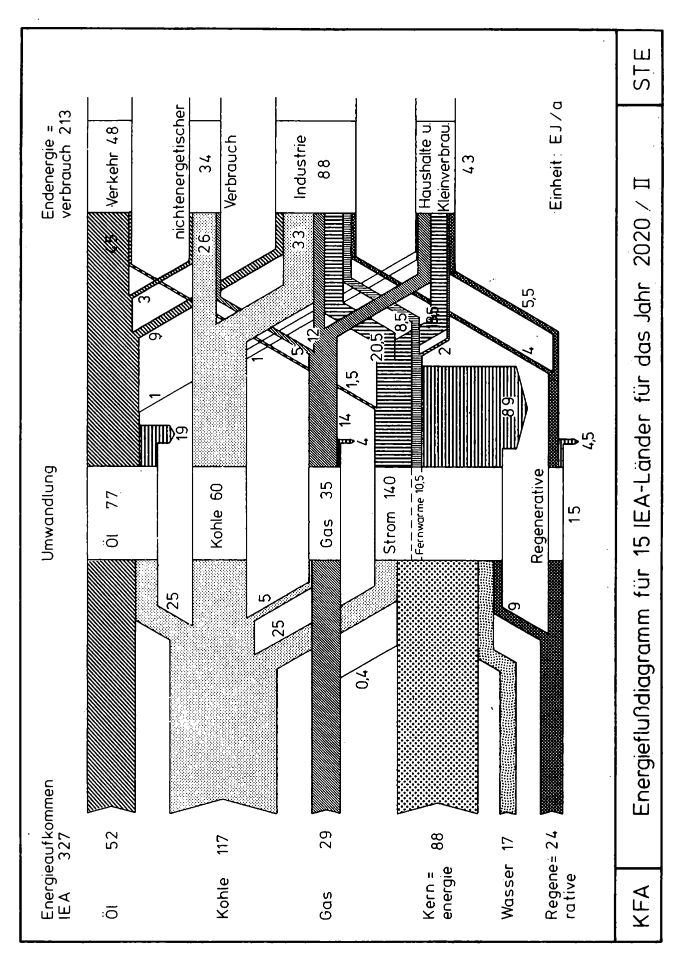


Abb. 3

4.

Wir befinden uns offenbar in einer paradoxen Situation, in der auf der einen Seite ein nahezu unbegrenztes Einsatzpotential existiert, auf der anderen Seite aber eine Anzahl erheblicher Hindernisse dem Ausbau der Kernenergie entgegenstehen. Vor diesem Hintergrund haben wir in Jülich im letzten Jahr den Versuch unternommen, in einer anderen Studie mit dem Unterton »realistischer Pessimismus« oder auch »sehr vorsichtiger Optimismus« ein Bild der weltweiten Kernenergieentwicklung für die nächsten Jahrzehnte aufzuzeichnen. Diese Arbeit wurde intensiv im Rahmen der International Consultative Group on Nuclear Energy diskutiert und vor wenigen Tagen publiziert.[1] Sie unterscheidet sich von anderen Studien darin, daß bis auf die Stufe einzelner Länder disaggregierte Betrachtungen angestellt werden. Dabei wurden die drei folgenden Grundannahmen gemacht:

- Die gegenwärtigen nationalen und internationalen Hindernisse für einen Ausbau der Kernenergie werden in den nächsten Jahren schrittweise abgebaut.
- Die weitere Entwicklung der Kerntechnik erfolgt stetig und ohne ernstliche Einbrüche, jedoch unter Berücksichtigung realistischer Markteinführungszeiten für die fortgeschrittenen Technologien.
- Das weitere Wachstum der Weltwirtschaft erfolgt langsamer als bisher; entsprechend verlangsamt sich das Wachstum der Energiewirtschaft. Hier wurde konkret das L4-Szenario der Weltenergiekonferenz 1977 (Low Economic Growth–High Price Response of Energy Demand, Constraints on Oil Supply) zugrunde gelegt. Die Zuwachsraten des Elektrizitätsverbrauchs in diesem Szenario variieren in den verschiedenen Zeiträumen und Regionen, betragen

1 World Nuclear Energy Paths. T. J. Connolly, U. Hansen, W. Jaek und K. H. Beckurts

aber grob 3% p. a. für die OECD-Länder, 4,5% für die COMECON-Staaten und 6% für die Entwicklungsländer.

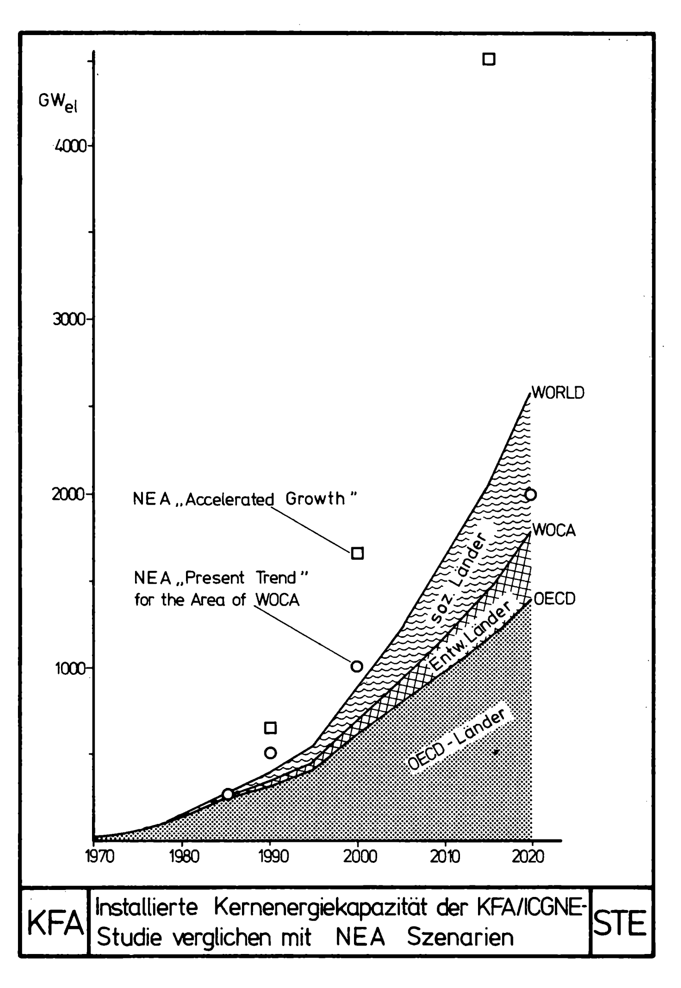


Abb. 4

Es wurde angenommen, daß Kernkraftwerke nur zur Elektrizitätsproduktion dienen und daß ab 1995 alle in Betrieb gehenden Stromerzeugungskapazitäten zu 1/3, 1/2 oder 2/3 nuklear sind, je nachdem ob ein Land hohe, mittlere oder geringe Reserven an fossilen Brennstoffen hat.

Der nukleare Ausbau bis 1995 wurde aufgrund der derzeit in Betrieb, Bau oder fortgeschrittenen Planung befindlichen Anlagen beurteilt. Es wurde weiterhin festgelegt, daß kein Land Kernkraftwerke betreibt, bevor sein gesamter Jahresverbrauch 17 TWh überschreitet; dies entspricht einer Mindestnetzgröße von etwa 3,5 Gigawatt, bei der die Einführung einer 500-MW-Anlage für verantwortbar gehalten wurde.

Faßt man die so für die einzelnen Länder bestimmten Nuklearkapazitäten in GW zusammen, so ergeben sich die folgenden regionalen Daten (vgl. auch Abb. 4), wobei die Zahl der Länder, in denen Kernkraftwerke betrieben werden, in Klammern angegeben ist.

	1985	2000	2020
OECD-Länder	237 (14)	610 (23)	1391 (23)
Entwicklungsländer	16 (9)	83 (17)	386 (27)
Sozialist. Länder	28 (5)	199 (9)	771 (9)
Welt	281 (28)	892 (49)	2548 (59)

Man kann aus diesen Zahlen bereits eine Reihe wesentlicher Schlußfolgerungen ziehen:

- Der durch diese Annahmen und Kriterien festgelegte Zuwachs der Kernenergie wäre deutlich langsamer als bei vielen anderen Studien. Er liegt an der unteren Grenze der bei INFCE genannten Zahlen.
- Kernenergie würde im Jahr 2020 rund 43% des Weltelektrizitätsverbrauchs und rund 20% des gesamten Primärenergiebedarfs (im L4-Szenario) decken.

- Ihr absoluter Beitrag betrüge im Jahre 2020 rund 160 Exajoule, das entspricht dem doppelten des heutigen Weltkohlebeitrags!
- Ihre Rolle in den Entwicklungsländern bliebe bis zum Jahre 2000 bescheiden, danach setzt jedoch ein rascheres Wachstum ein.
- Zumindest bis zum Ende des Jahrhunderts würden die zu

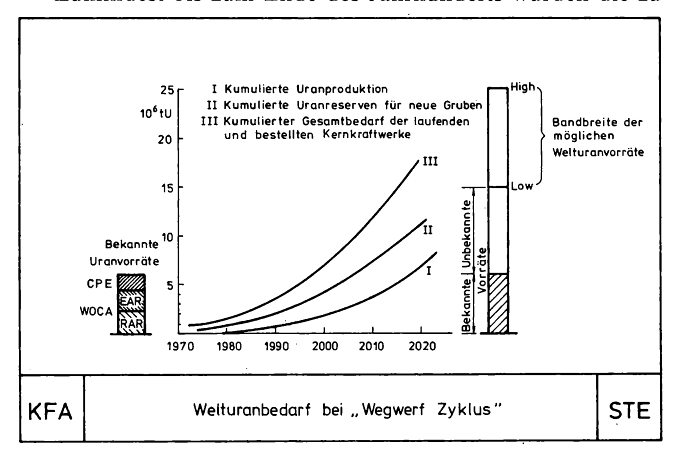


Abb. 5

erwartenden Reaktoraufträge die vorhandenen Kapazitäten der Reaktorindustrie in den OECD-Ländern nicht ausnutzen; auch die Exportmärkte blieben begrenzt.

Wir haben anhand dieses Nuklearszenarios verschiedene Brennstoffkreislaufstrategien untersucht. Abb. 5 zeigt z. B. den kumulierten Welturanverbrauch unter der Annahme, daß keine Wiederaufarbeitung erfolgt; für den Aufbau der Kapazitäten wurde ein bestimmter Mix aus Leichtwasserreaktoren (überwiegend), Schwerwasserreaktoren und AGR zugrunde gelegt. Kurve I zeigt den tatsächlichen Verbrauch bis zu dem jeweiligen Zeitpunkt. Kurve II zeigt an, wieviel Uran zum jeweiligen Zeitpunkt so gesichert sein muß, daß Bergwerke zur

Bereitstellung der erforderlichen Uranförderkapazitäten eingerichtet werden können. Kurve III zeigt schließlich den Lebenszeitbedarf aller bis zu dem gegebenen Zeitpunkt errichteten oder bestellten Kernkraftwerke an. Das Bild macht durch den Vergleich mit den bekannten Uranvorräten sehr eindrucksvoll deutlich, daß eine weltweite Einführung der Kernenergie selbst in dem hier gezogenen vergleichweise bescheidenen Rahmen auf der Basis eines Wegwerfzyklus nicht zu verantworten ist. Ein solcher Zyklus würde im übrigen zu etwa 250000 t abgebrannter Brennelemente bis zum Jahre 2000 und mehr als eine Million t im Jahre 2020 führen. Durch Erhöhung des Abbrands und andere Verbesserungen lassen sich die Dinge etwas entspannen, dies führt jedoch bestenfalls zu einer Verschiebung der Probleme um 5 Jahre.

5.

Wir haben weiterhin untersucht, wie sich diese Situation durch Schließung des Brennstoffkreislaufs und die Einführung von Brütern ändert. Wir haben dazu angenommen, daß terminbestimmend für die Schließung des Kreislaufs die Einführung der Brutreaktoren ist und daß ein Land einen derartigen Schritt in aller Regel erst tut, wenn seine nukleare Infrastruktur eine gewisse Größe und Reife erreicht hat. Quantitativ bedeutet das die folgende Strategie: Es wurde angenommen, daß als erster Schritt ein großes Brüter-Demonstrationskraftwerk in Betrieb geht, fünf Jahre nachdem ein Land eine Nuklearkapazität von 25 GW erreicht hat. Es folgen dann 1–2 weitere Demonstrationsanlagen und später ein allmählicher Zubau von Brutreaktoren bis zu zwei Drittel der gesamten Zubaurate. Für einige fortgeschrittene Länder, insbesondere Frankreich und die Sowjetunion, wurden diese Daten anhand bekanntgegebener Bauprojekte korrigiert. Bei diesem Vorgehen würden zur Jahrhundertwende nur 6 Länder Brutreaktoren mit einer gesamten Kapazität von 17 GW betreiben, im

Jahre 2020 gäbe es 400 GW in 17 Ländern. Dies erscheint niedrig im Vergleich zu anderen Studien, dürfte aber den technischen, wirtschaftlichen und politischen Schwierigkeiten, denen sich die Brütereinführung heute gegenübersieht, Rechnung tragen.

Es wurde weiterhin angenommen, daß Wiederaufarbeitungsanlagen für Brennstoffe aus thermischen Reaktoren entsprechend der Erstausstattung dieser Brüter aufgebaut werden. Dies würde eine Kapazität von rund 4000 jato (in 5 Ländern) im Jahre 2000 und eine Kapazität von 36 000 jato im Jahr 2020 (in 16 Ländern) erfordern. Dazu kommen natürlich weitere Anlagen zur Wiederaufarbeitung von erbrüteten Brennstoffen aus den schnellen Reaktoren.

Der globale Uraneinsparungseffekt dieser Strategie, der in Abb. 6 verdeutlicht wird, erscheint auf den ersten Blick nicht sehr groß; tatsächlich ist er bis zum Jahre 2020 kaum größer als der bei verbesserter Urannutzung im Wegwerfzyklus.

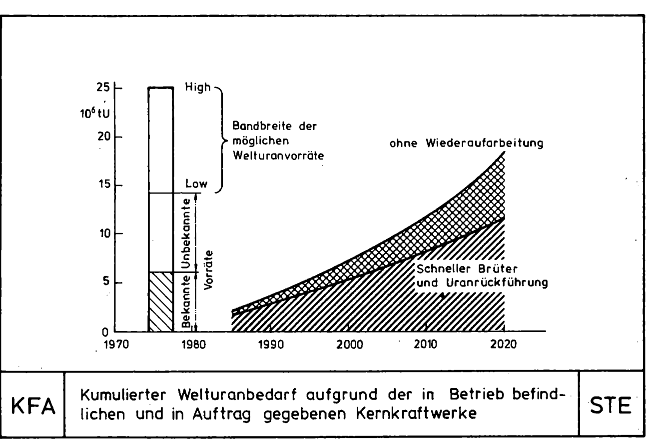


Abb. 6

Das gilt allerdings nicht für solche Länder, die frühzeitig den Brüter einführen; z. B. wäre in Frankreich im Jahre 2020

der jährliche Uranverbrauch auf rund die Hälfte des Wertes bei einem Wegwerfzyklus zurückgegangen. Der eigentliche Punkt liegt aber in der weiteren Entwicklung: Wenn man die Strategie über das Ende des von uns untersuchten Zeitraums fortschreibt, so erhält man etwa Mitte des nächsten Jahrhunderts einen Gleichgewichtszustand mit starker Brütereinführung und einem entsprechend geringen jährlichen Uranbedarf; der kumulierte Uranverbrauch beträgt bis dahin ca. 15 Mio t. Ohne Brüter wären bis dahin selbst die »spekulativen« Uranreserven verbraucht.

Wenn die Kernenergie mehr als nur eine Übergangslösung auf dem Weg vom Öl zu anderen, heute noch nicht recht sichtbaren Energiequellen sein soll, muß die Umstellung auf eine uransparende Kerntechnik erfolgen. Diese Umstellung dauert sehr lange. Damit sie aber überhaupt erfolgen kann, müssen die führenden Industriestaaten jetzt zügig die Entwicklung vorantreiben. Eine Verschiebung der Brüterentwicklung durch Hinweis auf die derzeit noch günstige Uranversorgungssituation wird entweder dazu führen, daß später der gesamte Ausbau der Kernenergie durch Uranknappheit begrenzt ist, oder aber dazu, daß später Crash-Programme zum schnellen Aufbau von Kapazitäten kommen müssen, was sowohl vom Standpunkt der Sicherheit als auch der Wirtschaftlichkeit her gesehen sehr nachteilig sein wird.

6.

Fassen wir zusammen: Die Kernenergie besitzt das Potential, in ganz großem Maße zur Deckung des steigenden Weltenergiebedarfs und zur Substitution des Mineralöls beizutragen. Im Jahre 2020 könnte ihr absoluter Beitrag zur Weltenergieversorgung selbst bei vorsichtigem Ausbau größer als der heutige Beitrag des Mineralöls sein. Sowohl die technischen Möglichkeiten als auch die Rohstoffbasis für einen solchen Ausbau sind vorhanden, allerdings sind erhebliche weltweite Anstren-

gungen von Wirtschaft, Wissenschaft und Staat erforderlich. Aber in vielen Ländern ist die politische Basis nicht da, und an einigen Stellen schwindet auch die Kraft, sich für die Schaffung dieser Basis einzusetzen. Wir dürfen angesichts der Weltenergielage jetzt nicht resignieren, wo die Früchte von 40 Jahren Forschung und Entwicklung und eine ganze darauf aufbauende Industrie auf dem Spiel stehen. Ich meine, daß vor allem in vier Bereichen die Voraussetzungen für eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Kernenergie geschaffen werden müssen:

- Wir brauchen das Vertrauen der Öffentlichkeit. Während angesichts der Vorgänge im Mittleren Osten das Verständnis für die Notwendigkeit der Kernenergie zunimmt, gibt es nach wie vor erhebliche Ängste und Zweifel bei den Fragen der Sicherheit. Bundeskanzler Schmidt hat in diesem Zusammenhang in Hamburg von der Bringschuld der Kerntechniker gesprochen. Letzten Endes könnten wir diese nur durch die Qualität unserer Arbeit leisten. Aber die Kerntechniker müssen nach wie vor bereit sein, sich an jeder Stelle dem öffentlichen Gespräch zu stellen. Das wird allerdings nicht viel Sinn haben, wenn man sie dabei im Regen stehen läßt.
- Die Kernenergie wird niemals den ihr zukommenden Platz finden können, wenn sie zum Lückenbüßer zur Deckung eines eventuellen Restbedarfs gemacht wird, der in jedem Einzelfall nachgewiesen werden muß. Wir brauchen klare politische Aussagen und entsprechende Handlungen.
- Wir werden niemals die Kernenergie weltweit einführen können, wenn es nicht einen breiten internationalen Konsens über die wesentlichen technischen Grundfragen der Kernenergie gibt. Dies gilt in gewissem Umfang für die Probleme der Reaktorsicherheit, wo die Bundesregierung im vergangenen Jahr eine interessante Initiative eingeleitet hat. In ganz besonderem Maße gilt das aber für die Fragen der Entsorgung. Solange die gegenwärtige internationale

Kontroverse über alternative Entsorgungskonzepte anhält, wird man bei der Lösung der technischen Probleme nicht recht vorankommen.

- Wir brauchen ganz allgemein ein belastbares und möglichst wenig diskriminierendes System internationaler Regeln für den Welthandel mit nuklearen Anlagen und Produkten, für den Brennstoffkreislauf und für den Technologietransfer. Dieses System muß in ausgewogener Weise Gesichtspunkte der Versorgungssicherheit, der Nichtverbreitung und des Umweltschutzes berücksichtigen. Man hat den Eindruck, daß rein technisch die Ergebnisse der INFCE-Studien eine sehr gute Grundlage bilden. Aber sie müssen im politischen Bereich umgesetzt werden.

Ich mache mir keine Illusionen darüber, wie schwer es werden wird, diese vier Voraussetzungen zu schaffen. Dies sind politische Fragen, bei denen wir als Kerntechniker nur Anstöße geben können. Wenn es aber nicht gelingt, hier in den nächsten Jahren deutliche Fortschritte zu erzielen, werden wir die Option Kernenergie verlieren.

Energie und industrielle Entwicklung

Karl Winnacker

Probleme der Energieerzeugung und der Rohstoffbeschaffung, die heute große internationale Spannungen auslösen, haben auch in früheren Zeiten die Welt bewegt und sind Brennpunkte geistiger Auseinandersetzungen und wirtschaftlicher Erschütterungen gewesen.

Der Beginn unseres industriellen Zeitalters, das wir etwa 200 Jahre zurückdatieren, wurde durch grundsätzliche naturwissenschaftliche Erkenntnisse einerseits und durch empirisch erzielte technische Fortschritte andererseits ausgelöst. Sie befruchteten sich gegenseitig und liefen schließlich in einer gewaltigen industriellen Entwicklung zusammen.

Vorher, bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts, und noch eine Zeit darüber hinaus, waren Wasserkraft und Wind, Sonnenwärme und Feuer sowie menschliche und tierische Arbeitskraft die einzigen Antriebskräfte in Landwirtschaft und Handwerk. Eine Industrie im heutigen Sinne gab es damals noch nicht.

Ähnliche Verhältnisse gibt es in großen Teilen der Welt auch noch heute. Sie sind Ausgangspunkt und Gegenstand der Auseinandersetzungen zwischen den Industrienationen und den Ländern der Dritten Welt, dem sogenannten Nord-Süd-Dialog.

Ein wesentlicher Beitrag zur Entwicklung der Energiewirtschaft kam aus der Naturwissenschaft. Im Zeitalter der Französischen Revolution erkannte der Franzose Antoine Laurent Lavoisier, daß Feuer durch eine definierte chemische Reaktion einer brennbaren Substanz mit dem Sauerstoff der Luft entsteht. Bis zu diesem Zeitpunkt nahm man an, daß eine geistige Kraft oder Substanz – das Phlogiston – das Feuer auslöse. Die Auseinandersetzungen über das Phlogiston währten

bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts und waren noch Gegenstand von Diskussionen zwischen dem deutschen Chemiker Justus Liebig und dem Berliner Philosophen Georg Wilhelm Hegel. Lavoisier wurde im Zug der Französischen Revolution hingerichtet, und zwar nicht weil er diese Entdeckung gemacht hatte, sondern weil er Steuereinnehmer war. Aber es wird überliefert, daß bei der Verurteilung argumentiert worden sei, ein Naturwissenschaftler sei nicht lebenswichtig.

In der gleichen Zeit, etwa 100 Jahre nach der Entwicklung des Dampftopfes durch den in Marburg lebenden Franzosen Denis Papin, entstand die Dampfmaschine von James Watt und bald darauf die Dampflokomotive von George Stephenson. Im gleichen Zeitraum begann aber auch der Übergang vom Holz zur Kohle. Er löste damals erhebliche Auseinandersetzungen aus.

Um die Wende des 19. Jahrhunderts hatte die Physik mit Michael Faraday erste Schritte in den Bereich der Elektrodynamik getan. Mit James Clark Maxwell eröffnete sich schließlich das Zeitalter der Nachrichtentechnik und mit der Dynamomaschine von Werner von Siemens in den Jahren 1860–1870 das Zeitalter der modernen Elektrotechnik.

Damit ergaben sich neue Möglichkeiten der Energienutzung, wodurch sich die industrielle Entwicklung weiter beschleunigte. Zur selben Zeit begann auch die Förderung von Erdöl.

Schon damals wurde sichtbar, daß der schnelle technische und industrielle Fortschritt, der die damalige Welt unvorbereitet ergriff, schwere sozialpolitische Erschütterungen auslöste.

Im Jahre 1847 schrieb Karl Marx sein kommunistisches Manifest. Es war die pessimistische Antwort auf diese strukturelle Entwicklung, die zunächst vielen Menschen ihre Existenz raubte und manche bis zur Auswanderung trieb.

Zwei Weltkriege haben diese Problematik lange Zeit überdeckt. Die Chancen der Industrialisierung wurden rücksichtslos für Kriegszwecke eingesetzt. Sozialpolitische Spannungen

wurden teils vorübergehend unterdrückt, teils entluden sie sich in extremen politischen Konfrontationen.

Mit Ende des Zweiten Weltkrieges begann eine ganz neue Zeit. Sie stand im Zeichen eines ungeahnten Aufschwungs für einen Teil der Welt – für die Industrieländer. Heute, drei Jahrzehnte danach, erkennen wir, daß wir dem Höhepunkt einer neuen Auseinandersetzung zustreben. Wieder stehen naturwissenschaftliche Fortschritte, Energiequellen und industrielle Entwicklungen im Brennpunkt der Diskussionen.

Die Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg ist eine an Deutlichkeit kaum zu überbietende Demonstration solcher Zusammenhänge.

Die Deutschen, die das Kriegsende mit Bewußtsein erlebten, erinnern sich noch des vollständigen Chaos, in dem wir vorübergehend lebten. Alle Erfolge der Industrialisierung waren damals sozusagen nach eineinhalb Jahrhunderten noch einmal in Frage gestellt.

Wiederum war die Beschaffung von Nahrungsmitteln eine Lebensfrage und wurde zu einem vordergründigen Problem. Es fehlte an Wohnungen und Heizmitteln. Wir gingen wieder zurück zum Holz. Es fehlte an allen Bedarfsartikeln unserer industriellen Welt.

Auch der naturwissenschaftliche Fortschritt schien vorübergehend gestoppt. Das Leben an unseren Forschungsstätten war zum Erliegen gekommen. Die geistigen Grundlagen unseres Staatswesens waren verlorengegangen. Diese wieder herzustellen und dann wieder einen neuen Platz in der Familie der Völker Europas und der Welt zu gewinnen, war eine schwierige Aufgabe.

Wir durchliefen in wenigen Jahren Entwicklungsphasen, die wir früher schon einmal erlebt hatten. Zunächst half uns der Lebensstandard Amerikas und der europäischen Nachbarn, das Niveau der Weltwirtschaft in der Mitte der fünfziger Jahre wieder zu erreichen. Dabei mußten wir erst lernen, daß

wir jetzt nicht mehr isoliert waren. Nach Wiederherstellung der politischen Unabhängigkeit im Jahre 1954 gelang es dann mehr und mehr aus eigener Kraft, in der industriellen Welt wettbewerbsfähig zu werden. Wissenschaft und Technik spielten dabei eine bedeutende Rolle.

Im Vordergrund stand auch damals die Energieversorgung. Die Welt, die uns unter der Führung der USA gegenüberstand, hatte sich inzwischen auf Erdöl eingestellt und war im Begriff, durch neue Methoden der Prospektierung in aller Welt, diese Basis in unvorstellbarer Weise auszuweiten.

In Deutschland gab es nur wenig Erdöl aus eigenen Quellen. Die Steinkohlevorkommen an der Ruhr waren in die Montanunion eingebunden und in ihrer Verfügbarkeit zunächst beschränkt. In der Kriegszeit sind an der Ruhr maximal 140 Millionen jato Steinkohle gefördert worden. Durch den Verlust Schlesiens gingen zusätzliche 140 Millionen Tonnen Förderleistung verloren. Auch die großen Braunkohlelä- ger in Mitteldeutschland standen nicht mehr zur Verfügung. Es blieb damals nur das Braunkohlevorkommen im Raum Köln und Aachen, das soweit überhaupt erschlossen, weitgehend erschöpft war.

So waren Mitte der fünfziger Jahre die Voraussetzungen für die Energieversorgung in der nun beginnenden Industrialisierung in der Bundesrepublik Deutschland außerordentlich beschränkt. Wenn die deutsche Wirtschaft überhaupt an der modernen Industrialisierung teilnehmen wollte, dann mußte sie möglichst in absehbarer Zeit den Anschluß an das Erdöl und an das Erdgas finden. Dieser Anschluß aber fiel der deutschen Wirtschaft nicht in den Schoß. Sie konnte die Technologien der anderen Industriestaaten nicht einfach übernehmen. Zunächst mußte sie sich mit den historisch entwickelten Gegebenheiten und Möglichkeiten im eigenen Land auseinandersetzen und begnügen, um dann darauf aufbauend einen eigenen adäquaten Weg zu finden.

So wurde beispielsweise eine hochleistungsfähige Förder-

technik für Braunkohle entwickelt. Die rheinischen Braunkohlevorkommen, die bisher im Tagebau in etwa hundert Metern Tiefe ausgebeutet wurden, brachen auf eine Tiefe von ca. 350–400 Metern ab. Es galt die Entscheidung zu fällen, ob man die riesigen Lagerstätten im Tief- oder Tagebau abbauen könnte, und das mitten in einer dichtbesiedelten Gegend. Der niedrige Heizwert von ca. 2500 WE bei hohem Wasser- und Aschegehalt machte einen Aufschluß im Tiefbau aus wirtschaftlichen Gründen von vornherein aussichtslos. Das Problem wurde mit ganz neuen, gigantischen Abräum- und Fördergeräten gelöst. Ihre Leistungen erreichten bis zu 300000 Tonnen pro Tag. Die geförderte Braunkohle wurde auf riesengroßen Förderbändern und Transporteinrichtungen unmittelbar neuen Kraftwerken zugeführt. Damit aber gab es ein Umweltproblem. Viele Hektar bewohntes und bearbeitetes Land wurden bei dem stufenweisen Aufschluß zunächst mit Beschlag belegt. Nachdem man Wege gefunden hatte, um dieses Land nach 25 Jahren seiner ursprünglichen Verwendung wieder zurückzugeben, fanden die neuen Abbaumethoden auch in ökologischer Sicht die Zustimmung der Bevölkerung. Sie werden auch heute noch für neue Projekte verwendet und weiter entwickelt, beispielsweise für den im September 1978 begonnenen Aufschluß des Hambacher Forstes.

Die neuentwickelten riesigen Fördergeräte fanden auch außerhalb Deutschlands und für andere Zwecke, zum Beispiel bei dem Aufschluß der Ölschiefervorkommen in Kanada, ihren Einsatz.

An Ort und Stelle entstand dort ein Industriegebiet mit Kraftwerken von vorher nie gekannter Leistung. Der Preis des erzeugten Stromes liegt konkurrenzlos niedrig und bietet zugleich die Voraussetzung für eine moderne Kohlechemie.

Der deutsche Steinkohlenbergbau hatte es sehr viel schwieriger. Die Schachtanlagen waren veraltet und konnten den hohen Anforderungen nicht standhalten. Mit Hilfe großer Investitionen wurden Modernisierungen durchgeführt. Sie

ermöglichten eine erhebliche Steigerung der Leistung pro Kopf, allerdings wurden die Vorkommen auch schlechter ausgenutzt. Bis zum Jahre 1964 stieg die Steinkohlenförderung noch einmal auf ca. 140 Millionen Tonnen.

Diese Produktionsmengen aber waren nun aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr unterzubringen. Staatliche Strukturmaßnahmen in Milliardenhöhe wurden notwendig. Die bis dahin rein privatwirtschaftlich betriebenen Kohlezechen wurden in die Ruhrkohle AG übergeführt und durch Subventionen geschützt. Zahlreiche Zechen mußten stillgelegt werden. Die deutsche Steinkohle war einfach überaltet. Der Hauptabnehmer – die Stahlindustrie – konnte den Kohlepreis nicht mehr tragen und erhält bis heute Subventionen aus Staatsmitteln. Die Einfuhr aus Billigländern wurde blockiert. Mehr als 80–90 Mio Tonnen konnten trotz aller Subventionsmaßnahmen jedoch nicht mehr untergebracht werden. Das ist auch noch der augenblickliche Stand – heute am Anfang der achtziger Jahre.

Der entscheidende Schritt für den Aufbau und die Wettbewerbsfähigkeit in der deutschen Wirtschaft war der Anschluß an die Versorgung mit Erdöl und Erdgas. Er erfolgte nach dem verlorenen Krieg erst verhältnismäßig spät. In den Nachbarländern entstanden nach dem Krieg sehr schnell die ersten Raffinerien. Erste technische Ansätze in Deutschland lagen in der politischen Freigabe der Hydrierkapazitäten, die verhältnismäßig schnell für Zwecke der Erdölraffinerie umgebaut und durch sogenannte Hydrierpräferenzen einige Jahre lang gegen Konkurrenz der modernen Raffinerien geschützt wurden. Beginnend mit der Mitte der fünfziger Jahre strömte nun eine Welle von Erdöl und Erdgas über die deutsche Wirtschaft, die alle bisherigen Wirtschaftlichkeitsvorstellungen in Industrie und Verkehr über den Haufen warf. Erdöl und Erdgas standen zu Preisen zur Verfügung, die mit anderen Rohstoffen und Energiearten nicht mehr zu erreichen waren. Die Bundesrepublik Deutschland hätte den Anschluß an die Welt-

wirtschaft nicht gewonnen, wenn sie nicht teilgenommen hätte.

Für die deutsche Chemie, die auf internationalen Absatz angewiesen war, war diese Situation besonders kritisch. Sie hatte in den Jahren der Isolation in und zwischen den Kriegen ihre ganze Produktion, soweit es die energieabhängigen Produkte betraf, auf Wasserkraft und Kohle begründet. In dieser Notzeit waren große naturwissenschaftliche Leistungen vollbracht worden. Auf von Rohstoffmangel geprägter Basis war eine beachtliche Benzinsynthesekapazität entstanden, die auch die Hochachtung der USA weckte und schon lange vor Kriegsbeginn zu einem engen Erfahrungsaustausch mit den Vereinigten Staaten führte. Die Vereinigten Staaten hatten weniger Interesse an der Hydrierung der Kohle, als viel mehr daran, schwere Erdölfraktionen unter Druck zu hydrieren. Daraus entstanden in den USA wichtige Konsequenzen für die Raffinerietechnik.

Eine Lizenz für die Synthese von künstlichem Kautschuk ermöglichte dessen Herstellung in den USA, als dort der Naturkautschuk nicht mehr zugänglich war.

Aber die Basis blieb bis zum Ende des Zweiten Krieges in Deutschland eine andere, nämlich die Steinkohle und die Braunkohle. Die Acetylenchemie basierend auf Calciumcarbid und Methanol wurde die Grundlage für die Entwicklung der Kunststoffe. Vielfach aus der Not geboren, wie z. B. der synthetische Kautschuk, wurden teilweise große Erfolge erzielt, die zunächst nur auf den deutschen Raum beschränkt waren.

Als sich den deutschen Chemikern in den fünfziger Jahren die Welt wieder öffnete, mußten sie lernen, daß die von ihnen entwickelten Produkte konkurrenzlos billiger auf Basis von Ethylen und anderen Erdölprodukten hergestellt werden konnten. Stück für Stück mußten die in Deutschland erprobten auf Acetylen basierenden Verfahren auf Ethylen umgestellt werden. Die Einrichtungen, die zur Herstellung

von Ethylen notwendig waren, mußten jedoch ganz andere sein als in Amerika, wo die Ethylenproduktion heute noch schwerpunktmäßig auf dem nassen, d. h. paraffinhaltigen Ethangas und propanhaltigen Erdgas beruht.

Die Amerikaner hatten das alles im Kriege entwickelt und stellten es nun ohne Zeitverlust auf die Friedenswirtschaft um. Als die Deutschen wieder handlungsfähig wurden, fanden sie drüben in den Vereinigten Staaten eine vollständig neue und veränderte Lebensweise vor.

Im persönlichen Lebensbereich fanden sie die automatische Gas- und Ölheizung, die nun auch in Europa die traditionelle Kohlen- und Koksheizung ersetzen sollte. Die automatische Waschmaschine war ein Signal für eine Fülle von Erleichterungen für die Hausfrau. Das Automobil und der Straßenbau breiteten sich in ungewöhnlicher Weise aus.

Im Industrieland der Vereinigten Staaten konnte man nach den beiden Weltkriegen lernen, daß auch in der Landwirtschaft grundsätzliche Neuerungen erfolgt waren. Kanada und der mittlere Westen waren zur Kornkammer der Welt geworden. Voraussetzung dafür war ein neues Verständnis zu diesem traditionsreichen Wirtschaftszweig. Offensichtlich waren mit Fleiß und Festhalten am Bauerntum allein eine moderne Versorgung nicht mehr möglich. Dazu zählte als erstes eine vernünftige Aufteilung des Landbesitzes. Dazu gehören auch wichtige technische Voraussetzungen wie Bewässerung und maschinelle Einrichtungen. Schließlich machte sich die moderne Landwirtschaft eine fortschrittliche Naturwissenschaft zunutze, deren Erkenntnisse in der Biologie und der Chemie wurzeln.

Die Amerikaner lernten, durch genetische Einwirkungen Pflanzen und Tiere so zu adaptieren, daß sie sich den jeweiligen örtlichen Wetter- und Arbeitsbedingungen anpaßten. Eine verfeinerte Anwendung von Düngung und Pflanzenschutzmitteln half, das Wachstum zu fördern und zu schützen. Die Erträge und die Qualität weiteten sich in einem Ausmaß aus,

wie man es bisher niemals geahnt hatte. Während des Krieges hätten die USA praktisch die ganze Welt ernähren können. Am Ende des Krieges wurde diese moderne Landwirtschaft

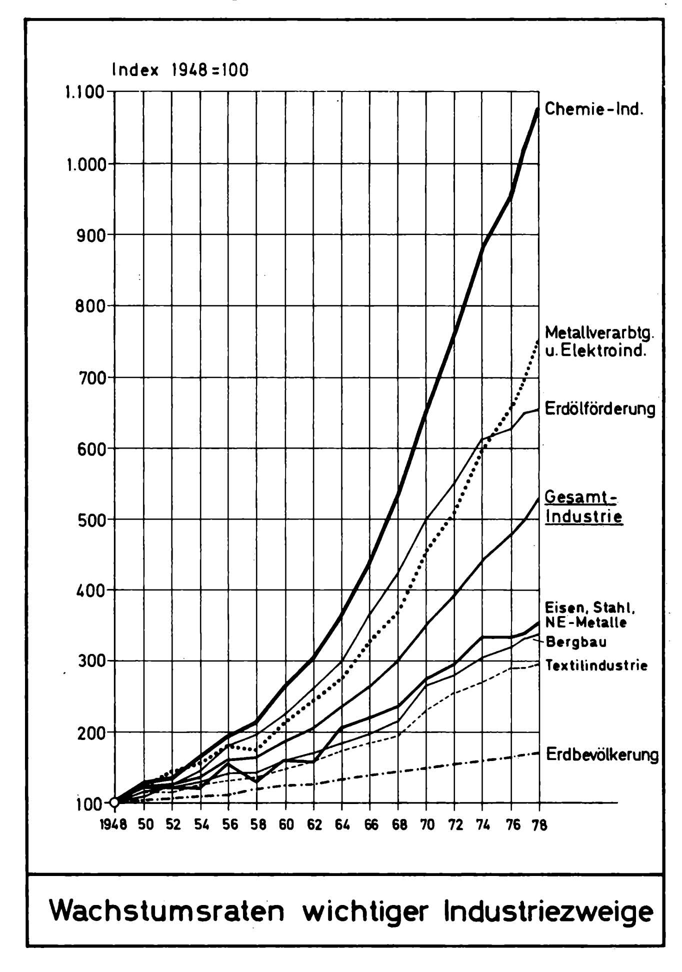


Bild 1

mit Hilfe der USA bald auch auf Europa übertragen. Es ist einer der wichtigsten Beiträge, den die Vereinigten Staaten für die Entwicklung der Welt geleistet haben. Die moderne landwirtschaftliche Produktion führte auch in den Ländern der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft bald dazu, daß Nahrungsmittel im Überfluß vorhanden waren. Wenn dies heute zu Spannungen führte, so liegt das in unterschiedlichen sozialen Strukturen, niemals aber im Mangel.

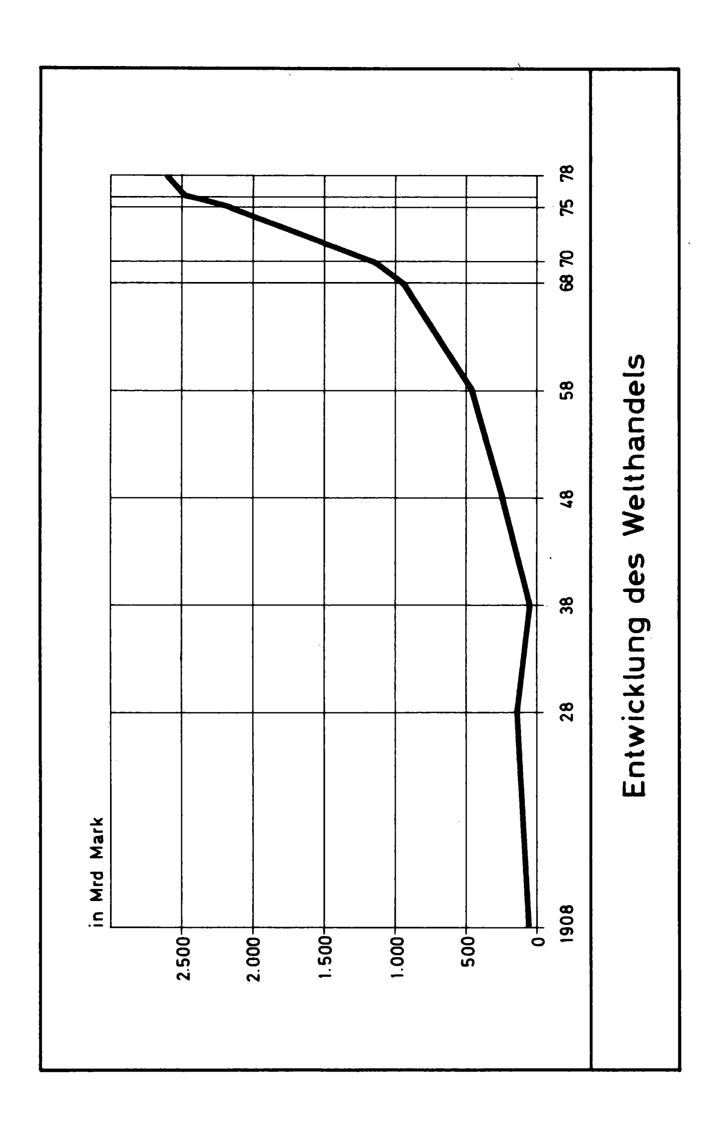
Für uns Deutsche war gerade diese Entwicklung von ausschlaggebender Bedeutung. Die Generation, die zwei Weltkriege miterlebt hatte, erinnerte sich noch daran, daß sie zwanzig Jahre ihres Lebens Mangel an täglichem Brot gelitten hatte.

Auf der neuen Energiebasis belebte sich die Industrieproduktion und der Handel in der ganzen Welt, und die Bundesrepublik Deutschland wurde, beginnend mit den sechziger Jahren, inzwischen konkurrenzfähig.

Bild 1 vermittelt einen Eindruck von dem Wachstum der verschiedenen Industriezweige. Die industrielle Produktion stieg viel stärker als die Erdbevölkerung. Die treibende Kraft war das in der ganzen Welt sich ausbreitende Erdöl. Daß die Chemie davon besonders begünstigt war, liegt daran, daß sie das Erdöl sowohl als Energiequelle als auch als Rohstoffbasis, sozusagen doppelt einsetzen kann.

Begünstigt war diese überwältigende Entwicklung durch die Liberalisierung des Welthandels und die ordnende Stabilität der Währungen. Die Erschütterungen des Krieges hatten die westliche Welt gelehrt, daß man mit weitreichenden internationalen Verabredungen einen freien Warenverkehr auslösen konnte.

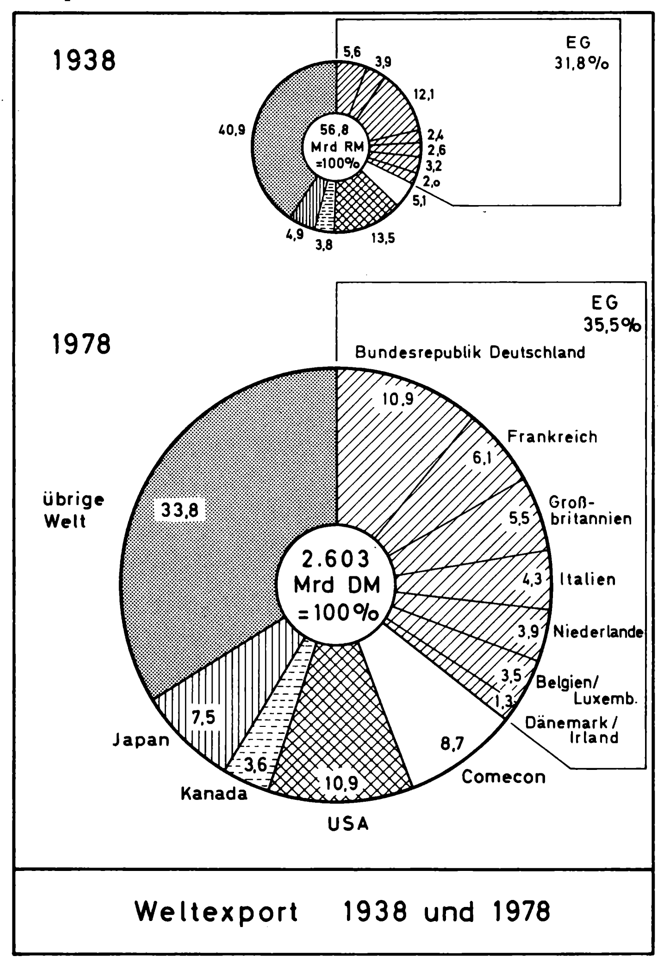
Bild 2 zeigt die Entwicklung des Welthandels von der Vorkriegszeit bis heute. Man erkennt, daß über zwei Weltkriege hinweg, mehr als 40 Jahre lang, der Warenaustausch nahezu unverändert geblieben war, und daß er dann eine exponentielle Ausdehnung erfuhr. An diesem Welthandel beteiligten



Entwicklung des Welthandels
in Mrd Mark
2.500
2.000
1.500
1.000
500
0
1908
28
38
48
58
68 70
75
78

Bild 2

sich insbesondere die europäischen Industrieländer und Japan (Bild 3). Die USA mit ihrem großen Binnenmarkt haben sich erst später, dafür aber konkurrenzfähiger für den Exportmarkt



Weltexport 1938 und 1978

Bild 3

interessiert. Die Staatshandelsländer gingen im wesentlichen ihre eigenen Wege. Sie treten erst in jüngster Zeit in nennenswertem Maße auf dem internationalen Markt auf. Selbst die großen und kleinen politischen Erschütterungen, die in dieser Zeit nicht ausblieben, haben den Welthandel nur sehr beschränkt berührt und seine Entwicklung lange Zeit auch nicht bedroht. Auch die politischen Unruheherde in Ostasien haben darauf nur wenig eingewirkt.

Die ersten Anzeichen einer politischen Unruhe kamen aus den Nahostkrisen im Suez-Kanal im Jahre 1957. Von da ab riß die Problematik nicht ab – bis zur Erdölkrise des Jahres 1973, mit der den Völkern der industriellen Welt zum ersten Mal ihre Abhängigkeit klar wurde.

Mitten in diese deutsche Aufbauphase und in die noch ungewisse Zukunft der Energieversorgung fiel die erste Genfer Atomkonferenz: Atoms for peace.

Es sollte nicht vergessen werden, daß die Initiative zu dieser Konferenz auf der Höhe des kalten Krieges von dem amerikanischen Präsidenten Eisenhower ausging. Nach Unterzeichnung der sogenannten Pariser Verträge waren für die Bundesrepublik Deutschland kurz vorher alle Beschränkungen wirtschaftlicher Tätigkeit gefallen, dazu gehörte auch die Atomenergie.

Zur Konferenz nach Genf kamen die Deutschen als vollständige Neulinge. Seit Kriegsende hatten sie von der Kernenergie nur noch vom Hörensagen gehört. Aber ganz ohne innere Berechtigung kamen sie doch nicht. Zur deutschen Delegation gehörte Otto Hahn, der im Dezember 1938 mit Fritz Straßmann die Kernspaltung entdeckt hatte. Sobald die Beschränkungen fielen, waren im Sommer 1955 erste Überlegungen zur Kernenergie in Deutschland begonnen worden. Es war die Max-Planck-Gesellschaft und die deutsche Industrie, die gemeinsam die Initiative ergriffen und als erstes den Eigenbau eines Graphit-Schwerwasser-Reaktors in Karlsruhe beschlossen.

Nach der Genfer Konferenz übernahm eine deutsche Atomkommission die Vorbereitung des nun beginnenden Atomprogramms unter der Leitung eines neuberufenen Atomministers. In dieser Atomkommission waren alle maßgeblichen Kräfte der Bundesrepublik vertreten. Die politischen Parteien ebenso wie die Gewerkschaften, die Industrie und die Forschungsinstitutionen. Die Beratung und Projekte konnten mit großer Offenheit besprochen werden, da sie durch keinerlei Geheimhaltung behindert wurden. Als diese Atomkommission im Jahre 1971 aufgelöst wurde, hatte die Bundesrepublik tatsächlich Anschluß an den internationalen Standard gewonnen. Zunächst waren in enger Zusammenarbeit mit den Universitäten und der Max-Planck-Gesellschaft sowie mit den neuentstandenen Kernforschungsinstituten die wissenschaftlichen Voraussetzungen einschließlich der erforderlichen Forschungsreaktoren geschaffen worden. In enger Zusammenarbeit mit der Industrie waren alle Schritte aufgenommen worden, um die verschiedenen Stufen der Gewinnung der Kernenergie vorzubereiten. Man hatte sich von vornherein um die Gewinnung des Urans und um den ganzen Brennstoffkreislauf bekümmert. Vor dem Jahre 1961 kamen die ersten Pläne für eine Wiederaufarbeitung zustande.

In bilateralen und multinationalen Verträgen hatte die Bundesrepublik Gelegenheit, den Stand der Technik in der ganzen Welt zu studieren. Viel Lehrgeld wurde dadurch erspart, und sehr bald war sie in der Lage, auch eigene Beiträge zu leisten. Durch die Möglichkeit des Vergleichs verschiedenster Reaktortypen fiel schnell die Entscheidung zugunsten des Leichtwasserreaktors als erste Reaktorgeneration. Mit der Erstellung und seiner störungsfreien Inbetriebnahme in Biblis war 1974 ein erster Höhepunkt im selbständigen Reaktorbau erreicht. Er ist auch heute noch von niemanden in der Welt übertroffen worden.

Als die Bundesregierung im Sommer 1973 ein erstes Energieprogramm vorlegte, schienen alle Unsicherheiten der Ener-

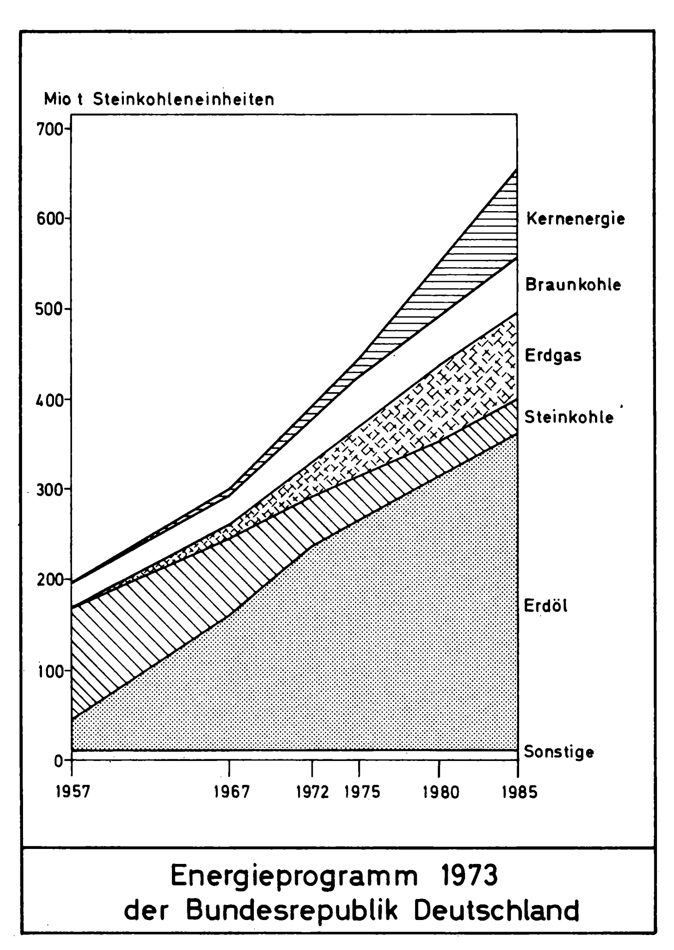


Bild 4

gieversorgung für das nächste Jahrzehnt in der Bundesrepublik Deutschland beseitigt. Die Energiequellen Braunkohle, Steinkohle, Öl, Erdgas und Kernenergie hatten in diesem Programm ihre festen Plätze. Zum ersten Mal seit Kriegsende

schienen für eine langfristige Energieversorgung und eine gesicherte Position der deutschen Wirtschaft die erforderlichen Voraussetzungen geschaffen. Die soeben neu entstandene Reaktorindustrie hatte sich auch im Ausland bewährt. Mit Argentinien war schon im Jahr 1962 ein Vertrag für einen schwerwassermoderierten Graphitreaktor abgeschlossen worden. Ihm folgte später 1979 die Bestellung eines zweiten Reaktors. Im Jahr 1975 kam ein Vertrag mit Brasilien zustande, der den Bau von acht Leichtwasserreaktoren beinhaltete. Daß man diesen Vertrag, der auch eine Versuchsanlage zur Wiederaufarbeitung enthielt, gegen die amerikanische Konkurrenz, allerdings mit vollem Wissen der amerikanischen Regierung, abschließen konnte, hat dem weiteren Einvernehmen mit den Atommächten nicht sehr genutzt.

Als im Oktober 1973 die OPEC-Länder im Zusammenhang mit dem Nahost-Krieg die Öllieferungen vorübergehend einstellten, lösten sie eine Krise aus, in der die Welt erkannte, in welchem Ausmaß sie von den neuen Energiequellen abhängig geworden war. Sie erfuhr, daß diese Basis des neuen Wohlstandes auf der sich ihre ganze Wirtschaft gründete, auch als Waffe zur Verfolgung politischer Ziele eingesetzt werden konnte.

Die OPEC- und Rohstoffländer argumentierten mit einem gewissen Recht, daß die Industrieländer mit dem billigen Rohstoff Öl einen sozialen Wohlstand aufgebaut haben, an dem sie selbst nicht teilhatten. Sie vergaßen dabei, daß die eigentlichen Ölländer sehr wohl aus diesem Anlaß sehr viel Geld verdient hatten, daß sie aber auf Grund des technischen und naturwissenschaftlichen Rückstandes nicht in der Lage waren, diese großen Geldmengen zum Vorteil der bei ihnen lebenden Menschen einzusetzen. Sie übersahen auch, daß die großen bevölkerungsreichen Gebiete wie Indien und Südamerika, die weder Rohstoffe noch naturwissenschaftliches oder technisches Know-how besaßen, nun noch geringere Möglichkeiten hatten, aus ihrem Notstand herauszukommen. Das

eigentliche Ölembargo endete verhältnismäßig schnell, allerdings mit einer Verteuerung von etwa 400 Prozent, die in nahezu allen Ländern Inflation und Arbeitslosigkeit auslöste. Der Ölpreis wurde in den Jahren danach laufend erhöht, zur Zeit beträgt er etwa das Zehnfache von 1973.

In der Bundesrepublik Deutschland führte die Verteuerung zu einem schweren Rückschlag für die Wirtschaft und hatte unmittelbar Wirkung auf das Investitionsklima und anschließend auch auf die zukünftige Energiepolitik.

Plötzlich hatten wieder einmal die Pessimisten recht, die immer schon gesagt hatten, daß der technische Fortschritt sowieso ein Ende haben werde. Der Club of Rome errechnete aus mathematischen Ableitungen die Grenzen des Wachstums. In der Bundesrepublik Deutschland trat plötzlich die Frage der Lebensqualität in den Vordergrund. Der Umweltschutz beschäftigte in Deutschland die Menschen besonders stark, nachdem der Wiederaufbau und die Einreihung in die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit so schnell gegangen war.

Das wirkte sich besonders bei der neuen Energiequelle, der Kernenergie aus. Das noch vor der Krise erstellte Energieprogramm stimmte nicht mehr, es wurde im Jahre 1974 zwar noch einmal fortgeschrieben, aber nun mehrten sich die Zweifel, ob es überhaupt notwendig wäre, soviel Energie zu planen, nachdem der Energieverbrauch in Deutschland ein oder zwei Jahre lang zurückgegangen war. Plötzlich wurden die Entwicklungskosten für die Kernenergie, die niemals sehr viel höher als 1,5 Milliarden DM pro Jahr waren, diskutiert. Störungen beim Ablauf oder beim Betrieb von Kernkraftwerken wurden öffentlich erörtert und häufig nicht sachlich bewertet, sondern polemisch genutzt. Die kerntechnischen Einrichtungen müssen selbstverständlich sicher sein. Auch äußere Einwirkungen wie Naturereignisse, Unglücke oder Gewalttaten müssen dabei in Rechnung gestellt werden.

Der zügige Ausbau der Kernenergie zur Anpassung an die sich abzeichnende Ölverknappung wird gegenwärtig auch im

Bereich der Rechtsordnung behindert. Es ist nicht meine Absicht, Ihnen hier konkrete Vorschläge für Gesetzesänderungen zu machen. Es geht mir vielmehr darum, Sie darauf aufmerksam zu machen, daß sich in das Gesamtsystem der Rechtsnormen, die die Kernenergie reglementieren, eine fundamentale Ungleichgewichtigkeit eingeschlichen hat: Über die Suche nach der absoluten Sicherheit haben wir vergessen, daß alle Beteiligten auch ein gewisses Maß an Stabilität und langfristiger Voraussehbarkeit benötigen, um planen, disponieren, ja um überhaupt handeln zu können.

Der wissenschaftliche Beirat beim Bundeswirtschaftsministerium hat in seiner Stellungnahme zu den wirtschaftspolitischen Folgerungen aus der Ölverknappung, die er kurz vor Weihnachten vorgelegt hat, darauf sehr treffend hingewiesen. Er hat gefordert, daß die Rechtsordnung den Investoren eine sichere Planung ermöglichen muß. Dies bedeutet,

- daß schon vor einem speziellen Genehmigungsverfahren klar erkennbar sein muß, welche Vorhaben die Rechtsordnung zuläßt und welchen sie entgegensteht;
- daß dort, wo eine Genehmigung erforderlich ist, die Verfahren so gestaltet werden, daß sie binnen angemessener Zeit endgültig abgeschlossen werden können;
- und schließlich daß eine erteilte Genehmigung die größtmögliche Sicherheit gibt, daß eine genehmigte Anlage auch betrieben werden kann.

Bisher gab die komplexe rechtliche Situation den Gegnern der Kernenergie die Möglichkeit, endlose Prozesse zu führen. Auf dem Verordnungswege entstanden Vorschriften, nach denen Errichtungs- und Betriebsgenehmigungen unabhängig und nacheinander durch mehrere Instanzen geführt werden können. Das führte zu Genehmigungsverfahren, die sechs bis acht Jahre dauern können. Außerdem kam es im Rahmen der innenpolitischen Unsicherheiten zu schweren Gewalttätigkeiten auf den Bauplätzen. Schließlich wurden die Gerichte unsicher. Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen wollte ihre

Zustimmung zum Bau des Schnellen Brüters in Kalkar von der Zustimmung des Bundesparlamentes abhängig machen. Dabei lag sogar der Vorschlag auf dem Tisch, statt des Schnellen Brüters eine »Plutoniumvernichtungsmaschine« zu bauen.

An diesem unsinnigen Vorschlag war der amerikanische Präsident Carter nicht ganz unschuldig. In seinem Bestreben, den Zugang zur Atombombe den Unterzeichnern des Non-Proliferations-Vertrages zu erschweren, propagierte er in den Vereinigten Staaten die Einstellung der Arbeiten am Schnellen Brüter, obwohl man auch dort weiß, daß die Brennelemente selbstverständlich aufgearbeitet werden müssen. Aus dieser Diskussion entstand dann auch der Kampf gegen die Wiederaufarbeitung in den Staaten, die den Atomsperrvertrag nicht unterzeichnet hatten. Daher wiederum rührte auch die Opposition in Deutschland gegen die Wiederaufarbeitung. Statt dessen hätte man für die Kernenergie kämpfen müssen, um die Unabhängigkeit von den Ölländern zu verstärken. Die eigentlichen Atommächte beabsichtigten mit dem Atomsperrvertrag, allen Ländern, die noch kein atomares Know-how besaßen, ungeachtet ob sie Öl oder sonstige Energiequellen hatten, den Zugang zur Kernenergie zu erschweren oder unmöglich zu machen. All das waren Widersprüche, wobei jede einzelne Argumentation richtig sein mochte, das Ganze aber in keinen weltpolitischen Zusammenhang zu bringen war. Hier ist nicht der Platz, alle gegen die Kernenergie erdachten Argumente zu diskutieren. Jetzt ist in Deutschland dieses Thema zu einem Politikum geworden, das im politischen Raum entschieden werden muß.

Heute im Jahre 1980 bei weiterhin steigendem Ölpreis, der Sorge um eine echte Konfrontation, die durch die Verhältnisse in Persien und Afghanistan verstärkt wurden, müssen wir wohl ernsthafter als bisher fragen, was geschehen soll. Im Jahre 1979 ist die deutsche Leistungsbilanz zum ersten Male mit 10 Milliarden DM negativ geworden. Sie wird wohl kaum wieder positiv werden, es sei denn, daß wir unsere Lebensbedingungen einschränken wollten.

In den letzten Monaten ist in Deutschland vieles diskutiert worden, was die deutsche Energiebilanz wieder verbessern könnte.

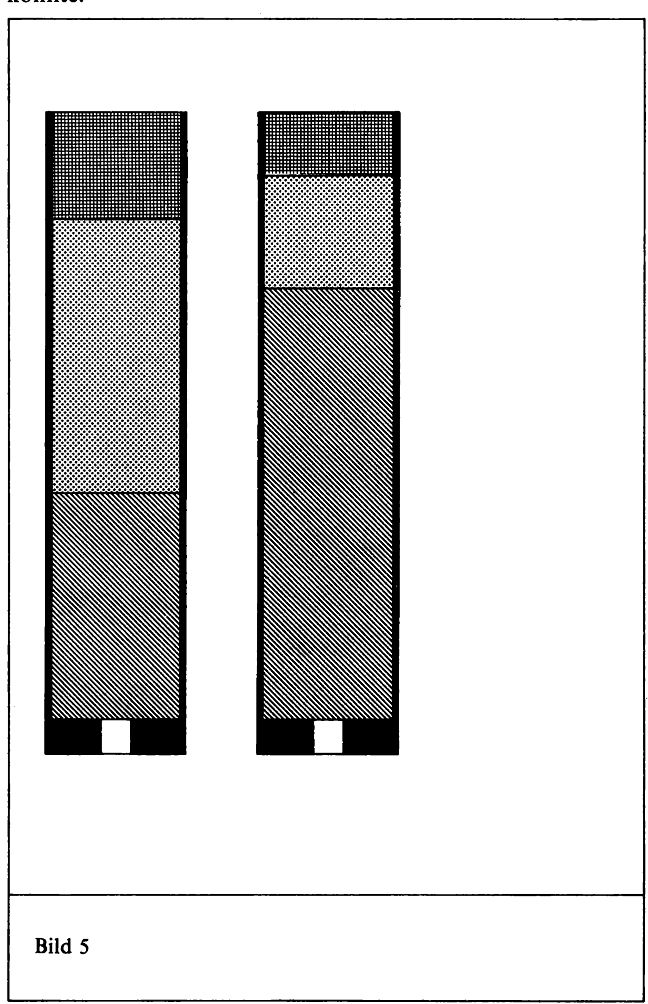


Bild 5

Energieverbrauch nach Verbrauchern und Energiearten, BR-Deutschland 1978

Bild 6

Dazu gehören als Nahziel die Strukturverbesserungen der deutschen bzw. europäischen Erdölraffinerien. In der Aufbauphase sind in Deutschland in den 60er und 70er Jahren zum Teil auch wegen des größeren Heizölbedarfes sogenannte Destillationsraffinerien errichtet worden, die schon damals nicht mehr dem internationalen, insbesondere dem amerikanischen Standard entsprachen.

Bild 5 zeigt den Unterschied in der Arbeitsweise. In einer modernen Naphtharaffinerie werden etwa 43 Prozent Leichtbenzin erzeugt, in der Destillationsraffinerie nur 18 Prozent. Die veralteten deutschen Raffinerien sollten nun endlich so schnell wie möglich und planmäßig umgerüstet werden, wenn erforderlich mit staatlichen Mitteln.

Die dadurch wesentlich verbesserte Naphthabilanz wäre von großem Vorteil für die chemische Industrie und die Versorgung mit Fahrbenzin, Sektoren, in denen die Rohstoffbasis Erdöl wohl am schwersten entbehrt werden kann.

Bild 6. Der Ausfall an schwerem Heizöl, das im wesentlichen in der Industrie verfeuert wird, könnte wohl zu einem großen Teil auch durch Kohle substituiert werden. Dies gilt ebenso für leichtes Heizöl, das in den Hausbrand geht. Die Wirtschaftlichkeit solcher Schritte ist zur Zeit jedoch noch schwierig zu beurteilen.

Naturgemäß ist es naheliegend, zunächst einmal mit der Energie und den Brennstoffen sparsamer umzugehen, sowohl im privaten wie auch im industriellen Bereich.

Bild 7. Ein eindrucksvolles Beispiel aus der Chemie ist hierfür die Entwicklung des Energiebedarfs für die Herstellung von Niederdruckpolyethylen während der letzten 25 Jahre. Durch technologische Verbesserungen ließen sich Energieeinsparungen von 90 Prozent erreichen. Auch der spezifische Materialeinsatz konnte gegenüber den anfänglichen Verfahren noch um etwa 15 Prozent gesenkt werden.

Die Schwefelsäureherstellung ist ein anderes Beispiel dafür, wie durch technologische Maßnahmen Energie eingespart

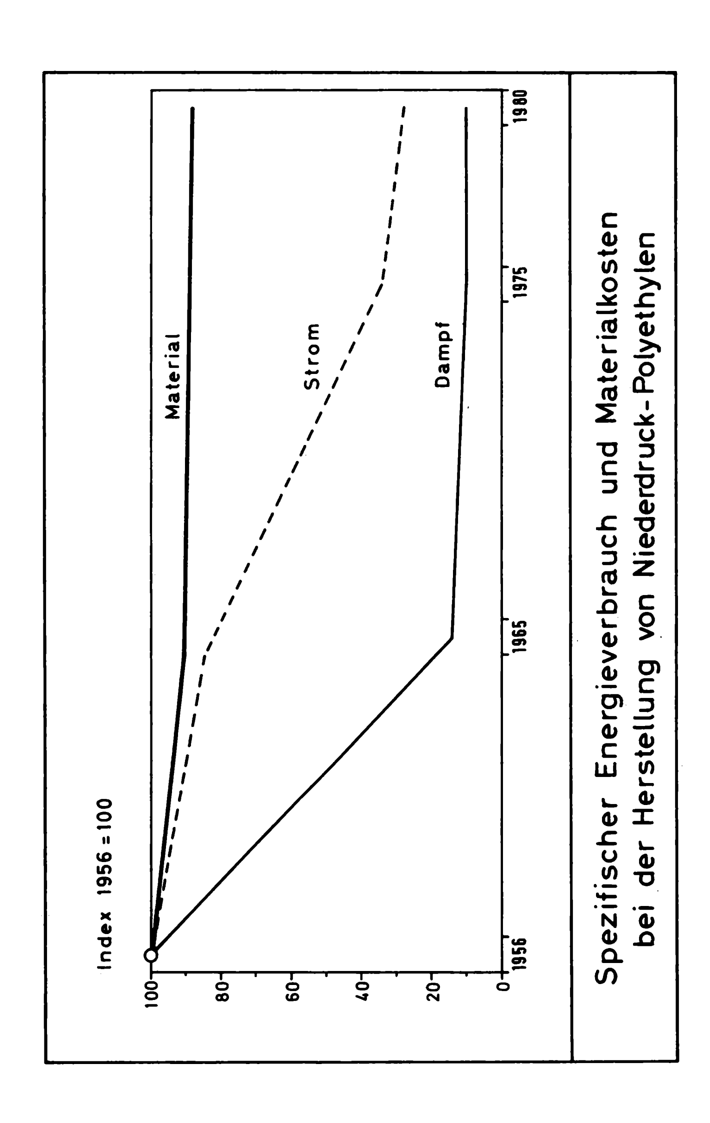

Index 1956 = 100
100
80
60
40
20
0
1956
1965
1975
1980
Material
Strom
Dampf
Spezifischer Energieverbrauch und Materialkosten
bei der Herstellung von Niederdruck-Polyethylen

Bild 7

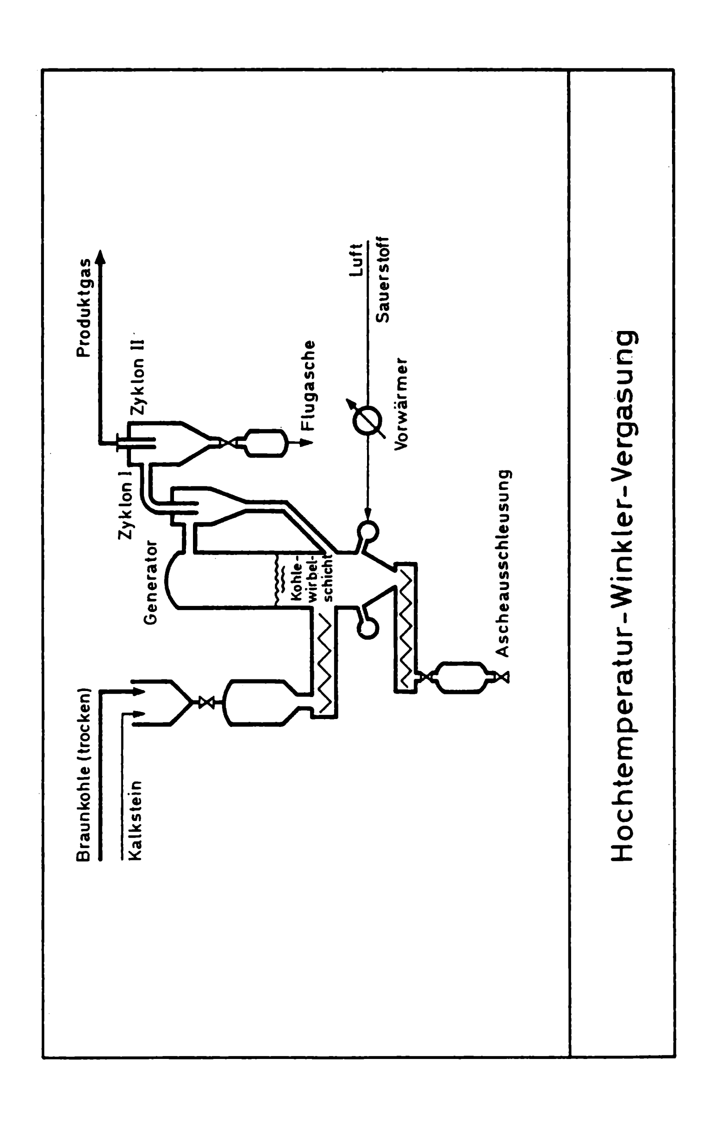
werden kann. Während noch in den 50er Jahren auf eine Nutzung der Reaktionswärme weitgehend verzichtet wurde, wird bei den heute üblichen Großanlagen die Reaktionswärme gezielt abgeführt und verwertet. Energietechnisch erfüllen moderne Schwefelsäurefabriken auf der Basis von Schwefel heute alle Kriterien eines neuzeitlichen Kraftwerkes.

Neue Technologien, Sparsamkeit und Einschränkungen werden auch im privaten Sektor auf uns zukommen – das Waschen bei niedrigen Temperaturen, bessere Wärmedämmung unserer Häuser, Ausnutzen von Umweltenergie durch Wärmepumpen, sparsamere Autos und dergleichen mehr.

Die Lösung des Energieproblems kann nur in der Summe der verschiedensten Maßnahmen liegen. Dazu gehört auch ein partieller Rückgang zur Kohle. Auch bei uns in Deutschland wird an der Entwicklung geeigneter Technologien hierfür gearbeitet. Eine Möglichkeit ist die Herstellung von Synthesegas. Bild 8 zeigt das Fließschema eines modernen Kohlevergasungsprozesses des Hochtemperatur-Winkler-Verfahrens. Es handelt sich um die Vergasung von Kohle in einer Wirbelschicht. Eine solche Versuchsanlage, die den Durchsatz von maximal einer Tonne Braunkohle pro Stunde ermöglicht, wurde in Frechen bei Köln von der Rheinischen Braunkohlewerke AG unter Förderung aus Bundesmitteln gebaut und inzwischen in Betrieb genommen.

Es ist selbstverständlich, daß ein Rückzug zur Kohle zunächst riesige Investitionen erfordern würde. Die Fördereinrichtungen müßten vergrößert und neue Lagerstätten erschlossen werden. Alles dieses würde jedenfalls zu einer starken Verteuerung führen. Ob der Einsatz von Steinkohle in der Bundesrepublik Deutschland eines Tages überhaupt zu einer ausreichenden Wirtschaftlichkeit führt, ist fraglich, weil das hohe Lohnniveau und die erschöpften Vorkommen den Preis stark in die Höhe getrieben haben.

Ganz anders aber können die Verhältnisse in Südafrika, Australien oder auch in den Vereinigten Staaten liegen.



Braunkohle (trocken)
Kalkstein
Generator
Zyklon I
Zyklon II
Produktgas
Flugasche
Kohle-
wirbel-
schicht
Luft
Sauerstoff
Vorwärmer
Ascheausschleusung
Hochtemperatur-Winkler-Vergasung

Bild 8

Sehr viel aussichtsreicher für deutsche Verhältnisse ist die Vergasung von Braunkohle. Hier besteht durchaus die Chance, mit dem ständig teurer werdenden Erdöl zu konkurrieren.

Allerdings könnten die Kohlevergasungsverfahren an Interesse gewinnen, wenn es gelingt, den Wärmebedarf, der für die Vergasung notwendig ist, der Abwärme eines Hochtemperaturreaktors zu entnehmen. Im Kernforschungszentrum Jülich wird an derartigen Möglichkeiten mit Erfolg gearbeitet. Die Versuche zeigen, daß der Braunkohlenbedarf um etwa 40 Prozent gesenkt werden kann.

Besonders wichtig ist jetzt die Entscheidung für die Kernenergie.

Der Störfall von Harrisburg in den Vereinigten Staaten hat noch einmal Anlaß gegeben, die Sicherheit unserer Reaktortechnik erneut kritisch zu überprüfen. In Harrisburg sind eine Menge unseliger Unglücksfälle zusammengetroffen. Einerseits sind Sicherheitsrisiken übersehen worden, andererseits hat es im Augenblick des Störfalles auch noch eine ganze Menge Bedienungsfehler gegeben. Daß bei allen diesen Kopflosigkeiten nichts Schlimmeres passiert ist, macht deutlich, wie sicher die Reaktortechnologie letztlich doch schon ist. Das hat dann auch in der ganzen Welt dazu geführt, daß die Kernkraftwerke weiter gebaut werden, was in der Bundesrepublik Deutschland auch dringend geschehen muß. Dazu bedarf es jedoch zunächst einmal politischer Anstöße und entsprechender gesetzlicher Regelungen.

Ein wichtiger Punkt ist die Standortregelung. Aber dies gilt nicht nur für den Bereich der Bundesrepublik, sondern für ganz Europa.

Auch das Problem der Wiederaufarbeitung muß entschlossen angegriffen werden. Ich glaube nicht, daß das Unternehmen Gorleben ein gutes Projekt war. Es war einfach überdimensioniert. Zunächst einmal müssen jetzt Zwischenläger für die ausgebrannten Brennelemente geschaffen werden. Dann

ist an eine Wiederaufbereitungsanlage in der Größenordnung von 300 bis 400 Tonnen Uran zu denken, das ist etwa das Zehnfache der jetzigen WAK in Karlsruhe. Sehr viel größer sollte überhaupt nicht gebaut werden. In einem gewissen zeitlichen Abstand kann dann eine zweite ebenso große Anlage an anderer Stelle errichtet werden. Allenfalls lernt man dabei so viel, daß man dann vielleicht genau weiß, wie eine solche Anlage wirklich aussehen muß.

Die Unterbringung der Kernbrennstoffrückstände in den Salzlagern wird wohl eine der besten Möglichkeiten sein. Das aber wird man in einigen Jahren sehen.

Auf alle Fälle aber sollte man nicht länger darüber sprechen, die unverarbeiteten Brennelemente, die noch Plutonium enthalten, so wie sie aus den Kernkraftwerken anfallen, unter der Erde unterzubringen. Dafür ist dieses Problem zu ernst, um es der Nachwelt zu überlassen.

Bild 9. Noch dringender als für uns erhebt sich die Energiefrage für die Länder der Dritten Welt, deren Abgrenzung auf dem nächsten Bild in grober Vereinfachung dargestellt ist. Hier geht es nicht um den Erhalt von Wohlstand, sondern vielfach zunächst einmal um die bloße Nahrungsbeschaffung. Den Zusammenhang zwischen modernen landwirtschaftlichen Methoden, das heißt letztlich Energieeinsatz, und Erträgen verdeutlicht das übernächste Bild. Es zeigt die Abstände der sogenannten Reisländer in ihren Ernteerträgen pro Flächeneinheit – mit Japan an der Spitze. Demgegenüber werden in Ländern wie Laos, Kambodscha oder Indien die Felder noch so bestellt, wie das bei uns vor 100 oder 200 Jahren geschah. Entsprechend unzureichend sind die Ernten. Die Welternährungsorganisation bemüht sich darum, die Landwirtschaft der Dritten Welt auf ein anderes Niveau zu bringen. Aber immer noch pflügt ein großer Teil der Menschen mit Menschenkraft oder mit Wasserbüffeln den Boden um.

Wenn jetzt Energie immer knapper und teurer wird, ist das wieder ein schwerer Rückschlag, insbesondere für den soeben

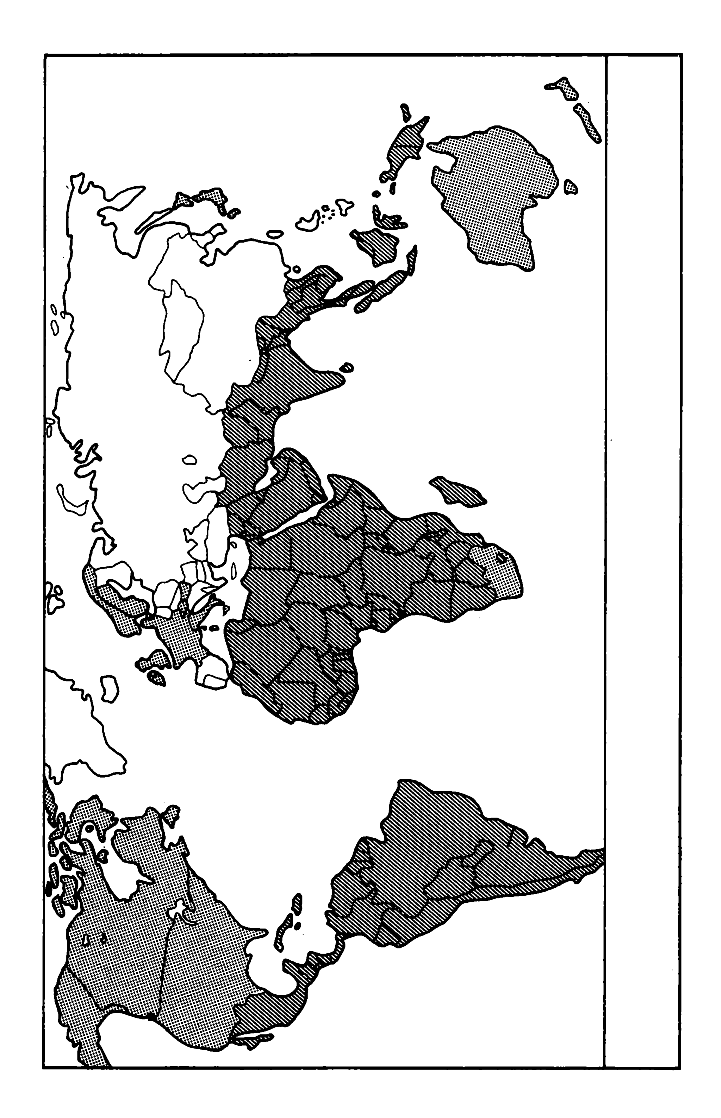


Bild 9

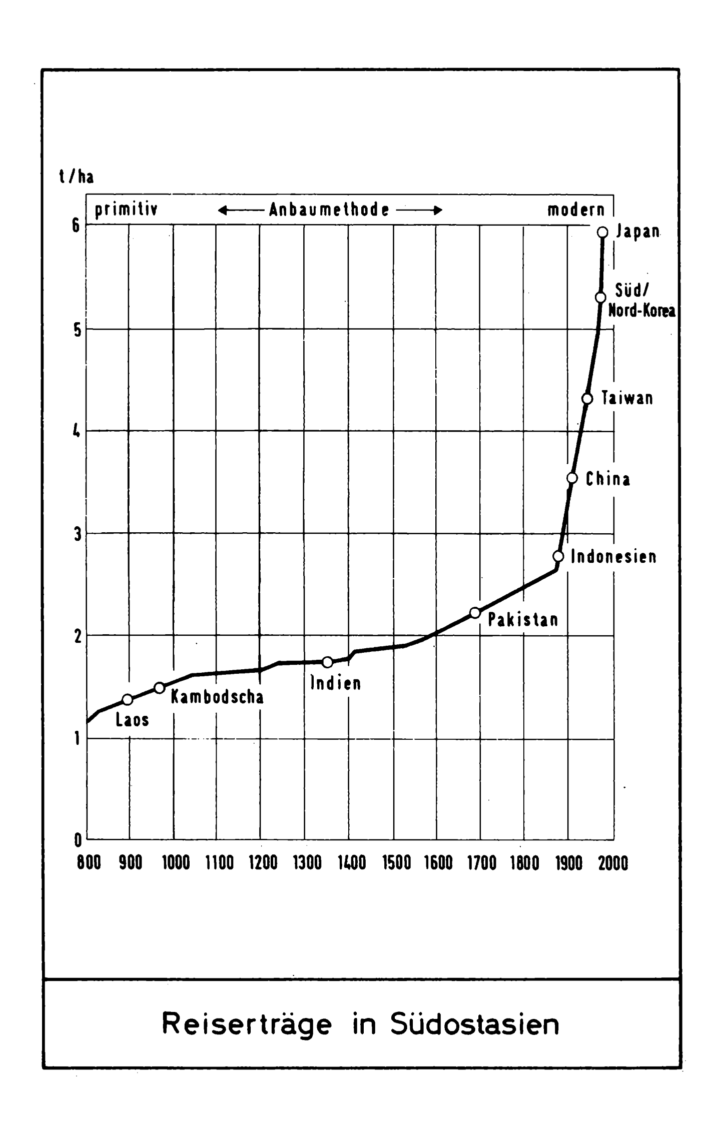

t/ha
primitiv
Anbaumethode
modern
6
5
4
3
2
1
0
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
Japan
Süd/
Nord-Korea
Taiwan
China
Indonesien
Pakistan
Indien
Kambodscha
Laos
Reiserträge in Südostasien

Bild 10

erst begonnenen ohnehin schwierigen Dialog zwischen Nord und Süd. Daß die technische Lösung von Energieproblemen eine entscheidende Säule für den Fortschritt der Menschheit ist, wird uns heute stärker bewußt als je zuvor. Trotz aller augenblicklichen Unsicherheiten habe ich den Optimismus zu glauben, daß geeignete Wege gefunden werden können. Wichtigste Voraussetzung dafür aber ist, daß in der Welt menschliche und wirtschaftliche Freiheit – vor allem aber der Friede – erhalten bleibt.

Einsatzmöglichkeiten und langfristige Bedeutung neuer Energiequellen

Peter Engelmann

Der Primärenergieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland betrug 1978 388 Mill. t SKE. 95% des Primärenergieverbrauchs wurden durch die klassischen Primärenergieträger Öl, Kohle und Erdgas gedeckt, 3% durch Kernenergie und nur knapp 2% durch Wasserkraft, Holz und andere regenerative Energiequellen. Der Endenergieverbrauch betrug im gleichen Zeitraum 260 Mio t SKE. Von ihm entfielen auf den Wirtschaftssektor Haushalte 44%, auf die Industrie 35% und den Verkehr 21%. Von 1977 auf 1978 stieg der Energieverbrauch um über 4%. Diese ansteigende Tendenz hat sich auch von 1978 auf 1979 verstärkt fortgesetzt, der Primärenergieverbrauch 1979 lag bei etwa 412 Mio t SKE. Aus diesen Zahlen sieht man, daß der Beitrag neuer Energiequellen bisher unbedeutend ist und daß auch die Energiequelle »Einsparung« noch nicht zur Wirkung gekommen ist.

Wie sieht es mit den Einsatzmöglichkeiten und der Bedeutung neuer Energiequellen sowie den Möglichkeiten von Energiesparmaßnahmen in der Bundesrepublik Deutschland langfristig aus? In meinem heutigen Vortrag werde ich versuchen, auf diese Fragen eine Antwort zu geben, wobei ich unter »langfristig« den Zeitraum bis etwa zum Jahre 2030 verstehen will.

Die neuen Energiequellen, die zur Ergänzung bzw. Substitution unserer heutigen Primärenergieträger neben der Kernenergie in Frage kommen, sind:

1. die Sonnenenergie und die von ihr abgeleiteten Energieformen Windenergie, Wellenenergie, Energie der Meeresströmungen, Laufwasserenergie, Erd- und Meereswärme sowie Biomasse,
2. die Gezeitenenergie als Energie aus der Erdrotation und Mondanziehung,

3. die geothermische Energie, die aus dem radioaktiven Zerfall im Erdinneren gespeist wird, und
4. die Fusionsenergie als spezielle, heute noch nicht erschlossene Form der Kernenergie.

Im Betrachtungszeitraum ist eine großtechnische Anwendung der Fusionsenergie noch nicht zu erwarten, so daß ich mich auf die erneuerbaren bzw. nach menschlichen Zeitmaßstäben unerschöpflichen Energiequellen beschränken kann. Das physikalische Potential der *Sonnenenergie* ist sehr groß. Die 120000 TW, die nach Abzug der direkten Reflektion am globalen Energieumsatz beteiligt sind, betragen mehr als das 10000-fache aller technisch verursachten Leistungsumsätze. Selbst in der Bundesrepublik liegt im Jahresmittel die eingestrahlte Sonnenenergie um einen Faktor 80 über dem Energieverbrauch. Berücksichtigt man die Wirkungsgrade für Niedertemperaturkollektoren und Solarzellen, so ergibt sich, daß grundsätzlich mit etwa 3 bis 10% der Fläche der derzeitige Energiebedarf der Bundesrepublik mit Sonnenenergie gedeckt werden könnte.

Im Prinzip lassen sich alle benötigten Sekundärenergieträger aus der Sonnenenergie und ihren indirekten Folgequellen herstellen, d. h. neben elektrischer und thermischer Energie auch chemisch gebundene Energie in Form von Alkoholen, Ölen und Gasen. Es lohnt sich also, über die Nutzung der Sonnenenergie ernsthaft nachzudenken, wenn auch die Schwankungen und geringen Energiedichten der Sonnenenergie die Nutzung erschweren.

Im Vergleich zur Sonnenenergie sind das Leistungspotential der Gezeiten mit 3 TW und der Energiestrom aus dem Erdinneren mit 32 TW auf die ganze Welt bezogen relativ gering. Man ist sich heute darüber einig, daß diese beiden Energiequellen für die Bundesrepublik in absehbarer Zukunft keine größere Bedeutung haben werden. Die *Gezeitenenergie* scheidet wegen der überwiegenden Landeinbettung der Bundesrepublik aus; an der Nordseeküste ist der Tidenhub < 3 m und

damit das technisch-wirtschaftliche Potential für eine Nutzung sehr gering, zumal auch eine Behinderung der Schiffahrt und die Versandung einer großtechnischen Nutzung im Wege stehen würden. Interessant erscheint die Nutzung der Gezeitenenergie dagegen für Länder wie die USA, die Sowjetunion, Großbritannien und Frankreich, wo es z. T. konkrete Projekte gibt, sowie für Australien, Indonesien und Ozeanien, wo der gesamte Strombedarf des Jahres 2000 im Prinzip mit dieser Technik gedeckt werden könnte.

Die *Geothermie* ist wegen des geringen Wärmestromes von nur 15 GW auf die Gesamtfläche der Bundesrepublik und wegen des Fehlens größerer Anomalien bei uns ebenfalls weniger interessant. Weltweit sind z. Z. 2 GW Kraftwerksleistung installiert, wobei bisher nur natürliche Heißdampfquellen genutzt werden. Daneben wird Heißdampf und Heißwasser aus geothermischen Anomalien auch für die Gebäudeheizung und industrielle Prozeßwärme genutzt. Der Energieinhalt der Anomalien der Erde beträgt etwa 500 TWa, der des Oberrheingrabens nur 11 GWa oder 12 Mio t SKE. Diese Anomalie kann also nur lokale Bedeutung erlangen. Die Entwicklungsbemühungen auf dem Gebiet der Geothermie sind insbesondere auf die technische Erschließung der heißen, trokkenen Wärmespeicher in Tiefen größer als 4 km, d. h. Temperaturen oberhalb 130 °C gerichtet. Im sogenannten Hot-Dry-Rock-Verfahren sollen diese Wärmespeicher durch Einleiten von Wasser und Ausbringen der Wärme in Form von Heißdampf nach entsprechender Vorbehandlung der Gesteinsmassen durch Frakturen und Kanalbildungen erschlossen werden. Das rein kalkulatorische Energiepotential der Schicht bis 6 km Tiefe ist um einen Faktor 10^3 größer als das der geothermischen Anomalien. Die Energiedichten des heißen Gesteins sind jedoch um mehr als eine Größenordnung geringer und die Wärmeleitfähigkeit des Gesteins begrenzt die erzielbaren Energieströme. In der Bundesrepublik ist wegen der geringen Fläche und der dichten Besiedlung im Betrachtungszeitraum

nicht mit einer großtechnischen Nutzung geothermischer Energie nach dem Hot-Dry-Rock-Verfahren zu rechnen.

Als neue Energiequelle kommt daher in der Bundesrepublik während der nächsten 50 Jahre im wesentlichen nur die Sonnenenergie für eine Nutzung großtechnisch in Frage. Zur Betrachtung der Einsatzmöglichkeiten wollen wir vom Energiebedarf ausgehen und fragen, für welche Nutzung die verschiedenen Formen der Sonnenenergie geeignet sind und technisch wie wirtschaftlich das Potential haben, herkömmliche Energieträger in größerem Umfang zu ersetzen.

Der Endenergiebedarf verteilt sich zu etwa

40% auf Niedertemperaturwärme für Raumheizung und Brauchwassererwärmung,

36% auf Hochtemperaturwärme für industrielle Prozesse und

24% auf Licht und Kraft, wobei der überwiegende Teil als Antriebsenergie in Verkehr und Industrie verbraucht wird und nur je 1% der Beleuchtung bzw. der Informatik und Elektronik dienen.

Lassen Sie mich die Einsatzmöglichkeiten neuer Energiequellen für diese drei Nutzungsarten nacheinander behandeln.

Niedertemperaturwärme

Bei der Niedertemperaturwärme besteht das größte Einsatzpotential für neue Energiequellen durch Nutzung der direkten und indirekten Sonnenstrahlung über Niedertemperaturkollektoren und durch Nutzung der Umgebungswärme durch geeignete Bautechnik, insbesondere in Verbindung mit Wärmepumpen. Als Einsatzgebiete kommen Brauchwassererwärmung in Haushalt, Kleinverbrauch und Industrie, Heizung von Gebäuden sowie die Heizung privater und öffentlicher Schwimmbäder in Betracht. Die Nutzung dieses Potentials setzt i. a. eine erhöhte Wärmedämmung, d. h. rationelle Energieverwendung, voraus.

Die Technik für diese Anwendungen ist verfügbar, jedoch noch nicht ausgereift und optimiert, insbesondere sind die Gesamtsysteme oft nicht hinreichend aufeinander abgestimmt. Förderprogramme des Bundes und die Bemühungen der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke (RWE), die im Vortrag von Dr. Stoy beschrieben sind, werden hier in der Zukunft Verbesserungen bringen.

Leider entspricht der Bedarf an Warmwasser und vor allem an Heizung in keiner Weise der zeitlichen Verfügbarkeit der Sonnenstrahlung (Bild 1). Deshalb ist bei uns eine Raumheizung auf Basis Solarenergie allein praktisch nicht möglich. Wie Bild 2 am Beispiel des Philips-Sonnenhauses zeigt, muß man vielmehr mehrere Systeme kombinieren und außerdem durch einen relativ großen Warmwasserspeicher Kurzzeitschwankungen in der Verfügbarkeit (Tag-Nacht-Schwankungen, kurze Kälteeinbrüche in der Übergangsperiode) ausglei-

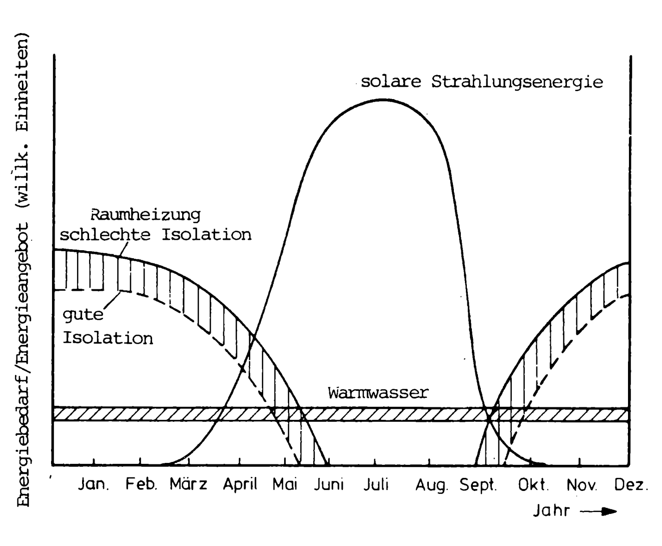


Bild 1: Qualitativer Verlauf von Wärmebedarf und Strahlung

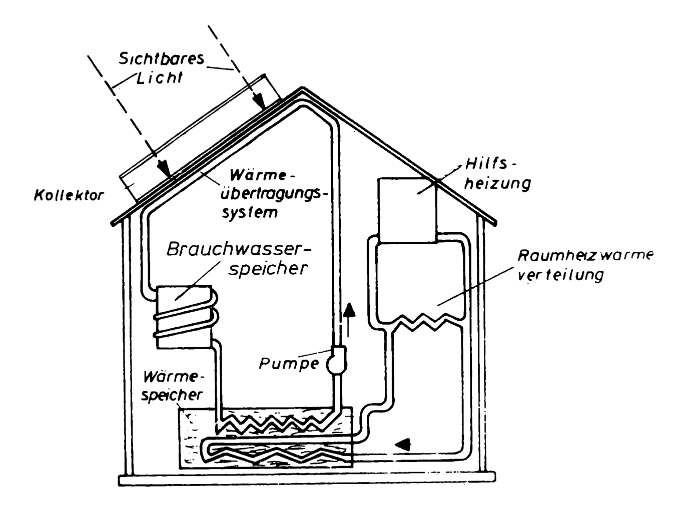


Bild 2: Solarhaus mit seinen Systemen

chen. Das Heizungssystem wird dadurch im Vergleich zu bisher üblichen monovalenten Systemen mit Öl-, Gas- oder Elektroheizung technisch komplizierter und in der Anschaffung wesentlich teurer. Über die Störanfälligkeit und den Wartungsbedarf wie auch die Lebensdauer der Aggregate aus der Serienfertigung werden erst in ca. 10 Jahren genügend zuverlässige Daten vorliegen, um eine echte Wirtschaftlichkeitsberechnung durchführen zu können. Wie Bild 3 zeigt, ist heute selbst bei sehr günstigen Annahmen, u. a. der Annahme einer Lebensdauer von 30 Jahren, noch keine Wirtschaftlichkeit gegeben. Bei Ölkosten von 0,15 DM/KWh oder 1,50 DM/l könnte hiernach ein Standard-Solarhaus mit 55 % Deckungsbeitrag von Solarenergie für Warmwassererzeugung und Heizung wirtschaftlich werden. Bei Vollversorgung in Kombination mit einer Wärmepumpe ergeben sich ähnliche Werte (Bild 4), wobei die Wirtschaftlichkeit je nach Höhe der Stromkosten schon bei 1,30 DM/l Öl gegeben sein kann. Als Realist muß man einerseits mit derartig hohen Ölpreisen in absehba-

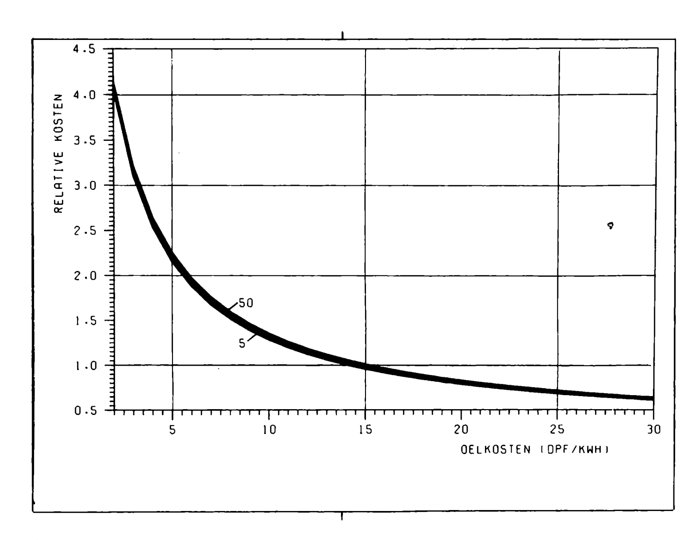


Bild 3: Kostenvergleich von Heizungssystemen: relative Kosten einer solaren Teilversorgung für Heizung und Warmwasser im Vergleich zu Kosten einer Ölzentralheizung in Abhängigkeit von den Ölkosten. Parameter: Stromkosten (Pf./kWh)

rer Zukunft rechnen, andererseits darf man auch nicht übersehen, daß die derzeitigen Kosten und Kostentrends bei Kollektoren, Warmwasserspeichern und Wärmepumpen sowie die Anforderungen von der Wartungsseite, die z. B. ergeben, daß nur die Hälfte der Dachfläche mit Kollektoren belegt werden kann, die Wirtschaftlichkeitsgrenze noch nach oben verschieben können.

Betrachten wir trotz dieser Unsicherheiten das Einsatzpotential der Niedertemperatur-Kollektoranwendung und der Wärmepumpenanwendung in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2000, so ergibt sich das folgende Bild (siehe Tab. 1): Es könnten etwa 2,5 Mill. bzw. ein Drittel aller Ein- und Zweifamilienhäuser mit solaren Brauchwasseranlagen und 440000 Ein- und Zweifamilienhäuser mit solaren Heizun-

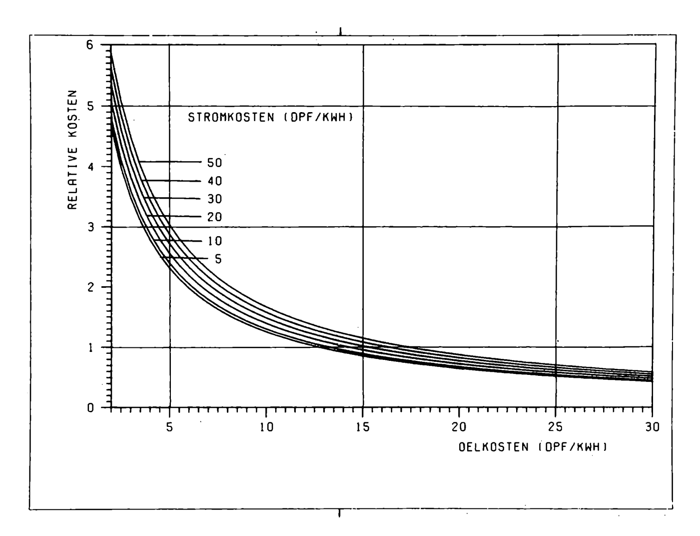


Bild 4: Kostenvergleich von Heizungssystemen: relative Kosten einer Vollversorgung mit Solarenergie und Wärmepumpe im Vergleich zu den Kosten einer Ölzentralheizung in Abhängigkeit von den Ölkosten. Parameter: Stromkosten (Pf./kWh)

gen ausgestattet werden, dazu eine geringere Anzahl an Mehrfamilienhäusern und Schwimmbädern. Bei 3,4 Mill. Niedertemperatur-Kollektoranlagen mit einer Kollektorgesamtfläche von 63 Mill. m² ließen sich im Jahre 2000 3,3 Mill. t SKE an fossilen Primärenergieträgern einsparen. An Stelle der bekannten NT-Kollektoren können auch andere Systeme zur Aufnahme der Sonnenenergie in ein Wärmetransportmedium (Wasser, Luft) treten. Mit Wärmepumpen, die einen Teil der Energie aus der Umgebungswärme nehmen und dadurch im Vergleich zu herkömmlichen Heizungssystemen einen geringeren Primärenergieverbrauch haben, sieht das Einsatzpotential günstiger aus (Tab. 2). 5,7 Mill. Elektrowärmepumpensysteme und 2,6 Mill. Öl- und Gaswärmepumpensysteme könnten bis zum Jahre 2000 im Einsatz sein und, z. T. in Kombination mit

Gebäudetyp (Bereitstellung von)	Gebäudezahl 1977 in Tsd.	Jährl. Neubaurate (Zubau und Ersatz) in Tsd.	Mögliche Zahl der Solaranlagen 2000 in Tsd.	Kollektorfläche in Mio m^2	Primärenergie-Einsparung 2000 in Mio t SKE/a
1- u. 2 Familienhäuser (Brauchwasser)	7000	160	2464	19,71	1,03
1- u. 2 Familienhäuser (Heizung und Brauchwasser)	7000	160	440	26,40	1,37
Mehrfamilienhäuser (Brauchwasser)	1700	17	215	10,75	0,56
Nichtwohngebäude (Heizung und Brauchwasser)	84	2	9,9	1,18	0,05
Private Schwimmbäder	235	20	269	2,69	0,11
Öffentliche Schwimmbäder	7,2	0,2	2,8	2,8	0,20
Summe			3400,7	63,53	3,32

Tabelle 1: Zum Potential der NT-Kollektoranwendung in der Bundesrepublik Deutschland

Anwender	Zahl der Gebäude 1977 in Tsd.	Mögliche Zahl der Wärmepumpensysteme (in Tsd.)		Einsparungen an Primärenergie in Mio t SKE/a
		Elektro[2]	Öl- u. Gas	
1- u. 2 Familienhäuser	7000	3216		6,99
			1306	4,23
Mehrfamilienhäuser	1700	215		1,36
			241	2,25
Nichtwohngebäude (einschl. industrielle Anwendung)	84[1]	2300		5,60
			1035	4,34
Summe:		5731	2582	24,77

1) ohne industrielle Anwendungen

2) in Kombination mit NT-Kollektoren, deren Energiebeitrag 30 %

Tabelle 2: Zum möglichen Potential der Wärmepumpenanwendung in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2000

Niedertemperatur-Kollektoren oder anderen Systemen zur Einkopplung von Sonnenenergie, wie z. B. dem »Wärmedach«, 25 Mill. t SKE Primärenergie einsparen. Wieviel diese Einsparungen bedeuten, werden wir am Ende des Vortrages noch betrachten. Man erkennt jedoch sofort, daß diese potentiellen Einsparungen nur einem relativ geringen Teil des heutigen Primärenergieverbrauchs von ca. 410 Mill. t SKE entsprechen.

Hochtemperaturwärme

Während zur Erzeugung von Niedertemperaturwärme auch diffuse Sonnenstrahlung und Umgebungswärme, d. h. indirekte Sonnenenergie über Wärmepumpen genutzt werden können, ist die Erzeugung von Hochtemperaturwärme für industrielle Prozesse und für die Dampferzeugung nur mit direkter Sonnenstrahlung möglich. Wegen der geringen Energiedichte der Sonnenstrahlung ist zur Erzielung der gewünschten hohen Temperaturen eine Bündelung der Sonnenstrahlung durch Spiegel oder Linsen erforderlich. Hierfür sind mehrere Systeme entwickelt worden, die in der Erprobung stehen. Ich werde später näher hierauf zurückkommen. In sonnenreichen Ländern ist ein technisch-wirtschaftlicher Einsatz innerhalb der nächsten Dekaden gegeben, wenn die Kosten für fossile Primärenergieträger weiterhin stark ansteigen. Die direkte Komponente der Strahlung macht jedoch in unserem Lande im Mittel nur etwa ein Drittel der Gesamtstrahlung aus. Die Dauer von etwa 1600 Stunden Sonnenschein pro Jahr im Bereich der Bundesrepublik stellt eine so niedrige Verfügbarkeit für eine Anlage zur Erzeugung von hochtemperaturiger Wärme oder Prozeßdampf dar, daß eine technische Nutzung kaum möglich und eine wirtschaftliche Nutzung nicht erreichbar ist. Im Sektor »Hochtemperaturwärme« kommt daher nur ein Beitrag aus der Verbrennung von Biomasse oder deren Reaktionsprodukten in Frage. Wegen der bereits sehr intensi-

ven Forst- und Holzwirtschaft der Bundesrepublik ist eine starke Auswertung der bioenergetischen Nutzung jedoch nicht zu erwarten. Dagegen stellen die biologischen Abfälle ein größeres Potential dar. Bei energetischer Nutzung aller organischen Abfälle könnten nach Schätzungen bis zu 25 Mill. t SKE gewonnen werden. Etwa 1% dieser Menge wird bereits heute in Kläranlagen als Klärgas energetisch genutzt. Weitere Nutzungen dieser Art erscheinen vor allem in der Landwirtschaft und in der Zuckerindustrie möglich, wobei ein Teil als Hochtemperaturwärme verwendet werden kann. Ein weiterer Teil dieser Energie kann auch zum Antrieb landwirtschaftlicher Fahrzeuge eingesetzt werden.

Licht und Kraft

Größere Einsatzmöglichkeiten neuer Energiequellen sind im Bereich Licht und Kraft gegeben. Hierzu ist eine Umwandlung in elektrische Energie bzw. chemisch gebundene Energie für Antriebszwecke erforderlich. Wir wollen diese beiden Fälle, die ein unterschiedliches Potential haben, nacheinander betrachten.

Im Bereich der *elektrischen Energie* tragen die regenerativen Energiequellen bereits über die Laufwasserkraftwerke mit ca. 20 TWh/a zur Stromerzeugung der Bundesrepublik bei und sparen dadurch ca. 5 bis 6 Mill. t SKE/a. Das Laufwasserpotential ist damit bereits fast ausgeschöpft, so daß eine weitere wesentliche Primärenergieersparnis nicht möglich ist.

Elektrische Energie kann auch in *solarthermischen Kraftwerken* erzeugt werden. Im Gegensatz zur Hochtemperaturwärme für industrielle Prozeßwärmenutzung muß der Standort solarthermischer Kraftwerke nicht in der Bundesrepublik liegen, denn der elektrische Strom kann über weite Strecken transportiert werden. Für sonnenreiche Länder werden z. Zt. mehrere Konzepte für solarthermische Kraftwerke entwickelt und erprobt, die sich in der Art der Spiegelsysteme unterschei-

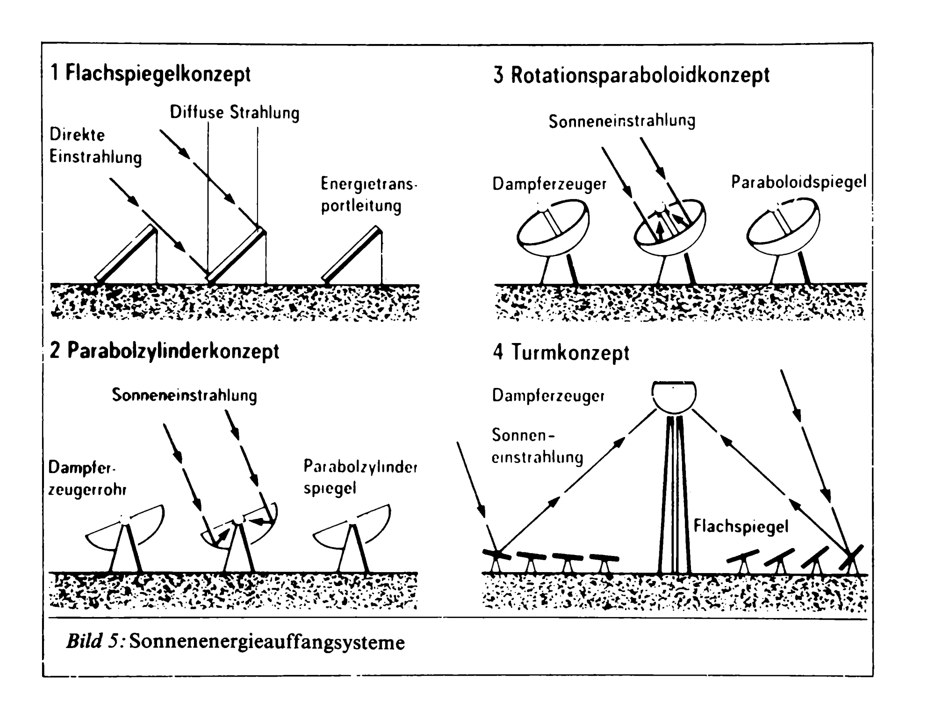


Bild 5: Sonnenenergieauffangsysteme

den (Bild 5). Die auf dem Gebiet der NT-Wärme favorisierten Flachkollektoren scheiden als Dampferzeuger aus, da die erreichten Temperaturen zu niedrig sind. Beim Parabolzylinderspiegel werden die parallel einfallenden Sonnenstrahlen auf das in der Brennlinie befindliche Absorberrohr fokussiert. Die Spiegel müssen dem Tagesgang der Sonne nachgeschwenkt werden. Beim Rotationsparaboloid befindet sich der Dampferzeuger im Spiegelbrennpunkt. Hier ist es erforderlich, die Spiegel in Richtung und Höhe dem jeweiligen Sonnenstand nachzuführen. Beim »Turmkonzept« werden die Sonnenstrahlen mit Hilfe von Flachspiegelfeldern auf den am Turm im Brennfleck befindlichen Dampferzeuger konzentriert, wobei sich Dampftemperaturen von über 500 ° C erzielen lassen. Jeder Spiegel muß dabei individuell um zwei Achsen dem Gang der Sonne nachgeführt werden.

In einer Studie ist die Anwendung solarthermischer Kraftwerke in Tunesien zur Versorgung Mitteleuropas untersucht worden. Als Konzept hat man das sogenannte »Solarfarmkonzept« mit Parabolspiegeln gewählt, das auch mit deutscher Hilfe in Spanien neben einem Solar-Tower-Block mit erprobt

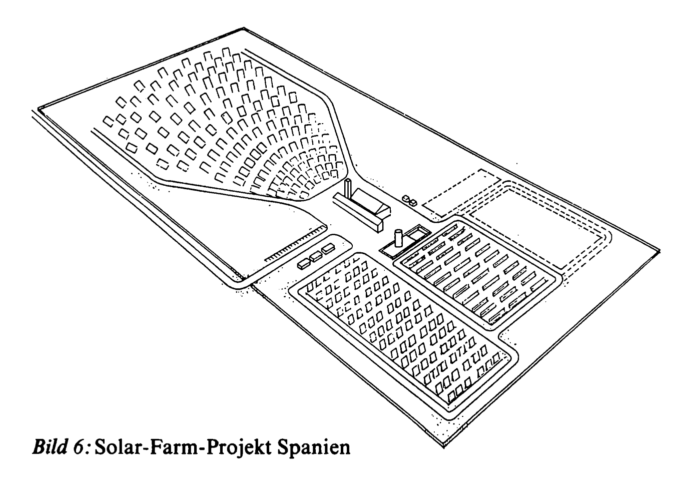


Bild 6: Solar-Farm-Projekt Spanien

werden soll (Bild 6). Für eine Doppelblockanlage von 2 × 815 MWe werden 62000 Elemente mit je 200 m² Spiegelfläche benötigt. Der Flächenbedarf beträgt 30 km². Mit sechs solchen Doppelblockanlagen könnten tagsüber ca. 10 GWe Leistung

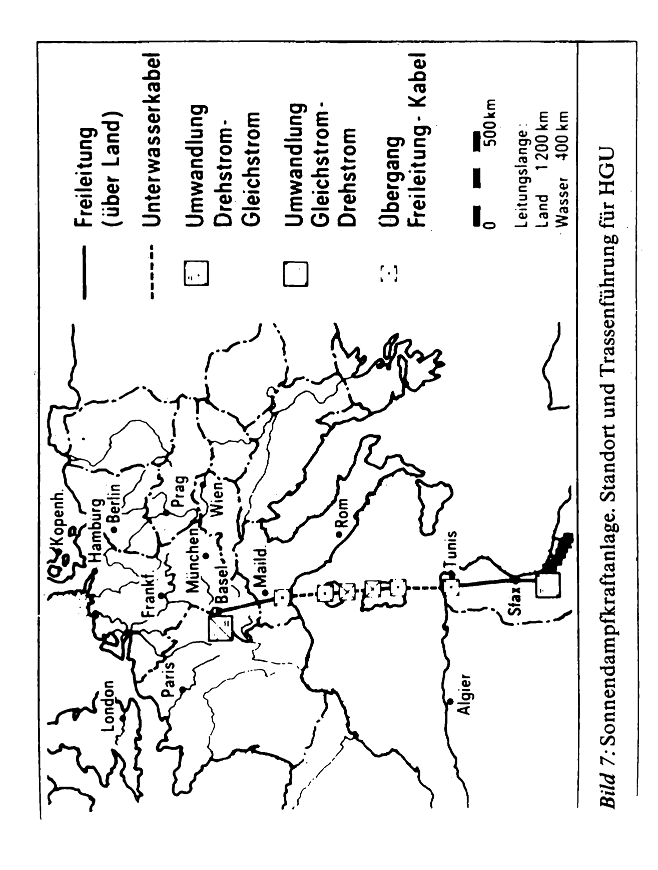


Bild 7: Sonnendampfkraftanlage. Standort und Trassenführung für HGU

bereitgestellt werden. Zur Übertragung nach Mitteleuropa ist eine Hochspannungsgleichstromübertragung von 1600 bis 2000 km Länge nötig, die hohe Kosten und Transportverluste von 15 bis 20% verursacht (Bild 7). Die Investitionskosten liegen bei etwa 100 Mrd. DM, die Stromkosten in Mitteleuropa würden nach heutigem Preisstand bei ca. 70 Pfennig pro kWh liegen, d. h. das Fünffache der durchschnittlichen derzeitigen Stromerlöse betragen. Abgesehen von den hohen Kosten ist auch die zeitliche Bereitstellung der Energie ungünstig, da einmal nur tagsüber Leistung zur Verfügung steht und zum anderen selbst bei den günstigen Standortbedingungen Tunesiens im Sommer die dreifache Menge an elektrischer Energie gewonnen wird wie im Winter. Wegen des hohen Materialbedarfs ist zudem die Nettoenergiebilanz einer solchen Anlage mit Fernleitung relativ ungünstig, d. h. die für den Bau des Gesamtsystems benötigte Energie würde erst in mehreren Betriebsjahren zurückgewonnen werden können. Für den Zeitraum der nächsten 40 bis 50 Jahre erwarte ich daher keine größeren Beiträge dieser Art zur Energieversorgung der Bundesrepublik.

Im Gegensatz zu solarthermischen Kraftwerken ist die Nutzung der Sonnenenergie zur Erzeugung elektrischen Stromes mit *Solarzellen* auch bei uns möglich. Die Solarzellentechnologie kann auf der Erfahrung der Weltraumanwendung aufbauen. Für terrestrische Anwendungen in der Bundesrepublik sind die Solarzellen jedoch noch um Größenordnungen zu teuer, obwohl durch vereinfachte industrielle Fertigung und reduzierte Anforderungen schon erhebliche Kostensenkungen erzielt werden konnten (Bild 8). Die weltweit und auch bei uns außerordentlich intensiven FuE-Anstrengungen auf dem Gebiet der Solarzellenentwicklung lassen für die längerfristige Zukunft weitere Kostensenkungen als möglich erscheinen. Falls die Entwicklung von billigen und weniger materialaufwendigen Dünnschichtsolarzellen mit Wirkungsgraden um oder über 10% gelingt, kann sich auch bei uns langfristig ein

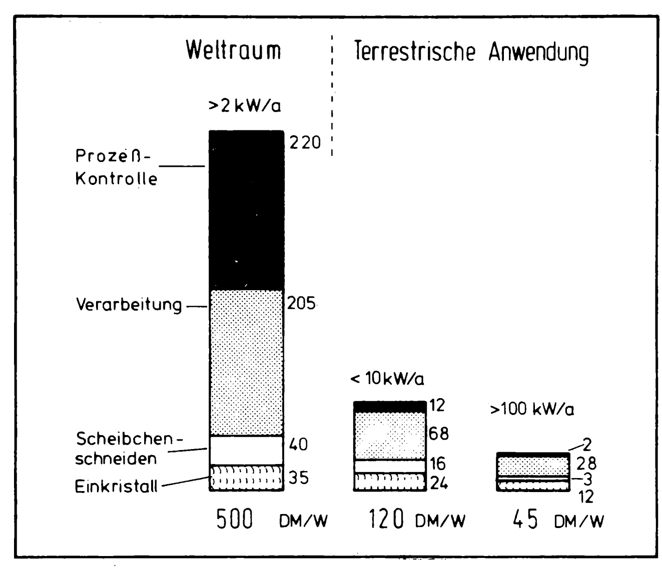


Bild 8: Analyse der Herstellkosten für eine Raumfahrtzelle im Vergleich zu heutigen terrestrischen Zellen

Einsatzpotential insbesondere für dezentrale Anwendungen ergeben. Außer vom Preis der Solarzellen selbst wird das technisch-wirtschaftliche Einsatzpotential sehr stark von der Verfügbarkeit preiswerter Energiespeicher (Batterien) abhängen. Würde im Jahre 2030 ein Promille der Landfläche der Bundesrepublik mit Solarzellen bedeckt, die einen Wirkungsgrad von 10% haben, so entspräche die in ihnen erzeugte elektrische Energie einem Primärenergieverbrauch von 8 Mill. t SKE/a.

Auch die Erzeugung elektrischer Energie aus *Windenergie* ist bei uns möglich. Windenergiekonverter sind in kleinen Anlagen bis etwa 10 KWe Leistung heute technisch verfügbar. Erst kürzlich wurde auf der Schwäbischen Alb in Schnittlingen eine solche Anlage mit einem 10-m-Rotor in Betrieb genommen, die eine halbe Million DM gekostet hat. Diese

Kosten können bei Serienproduktion auf ca. 50 000 DM heruntergehen. Bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von 4,7 m/s kann eine solche Anlage 22 000 KWh/a erzeugen, den Bedarf von etwa fünf Familien. An der Konzeption von Windenergiekonvertern mit 250 KWe und 50 m Rotordurchmesser wird bei der DFVLR gearbeitet. Eine Anlage von 2 bis 3 MW elektrischer Spitzenleistung, GROWIAN 1, soll im Sommer dieses Jahres an der schleswig-holsteinischen Westküste als Versuchsanlage mit staatlicher Finanzierung in Bau gehen. Sie beeindruckt durch ihre dem Kölner Dom vergleichbare Größe (Bild 9) und weist noch erhebliche technische Probleme auf, die durch Entwicklungsprogramme angegangen werden. Bisher hat noch keine große Windenergieanlage der Welt 1000 Betriebsstunden ohne mechanische Schäden

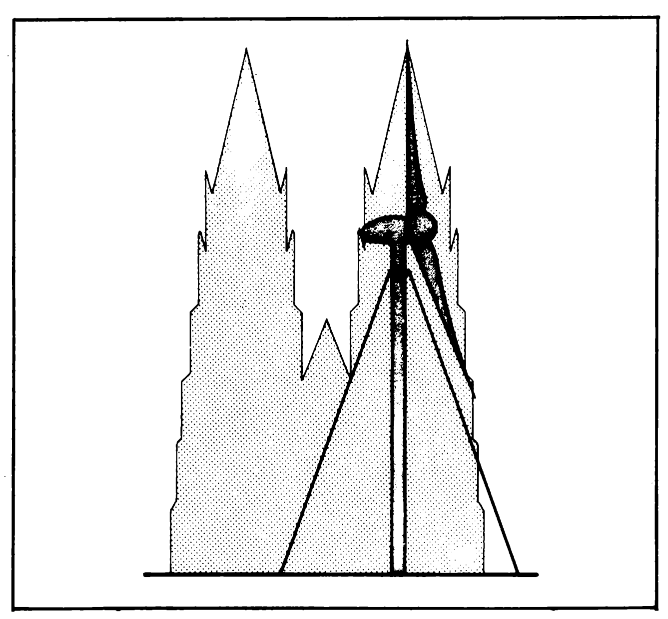


Bild 9: Größenvergleich GROWIAN–Kölner Dom

erreicht. Die Betriebserfahrungen von Anlagen wie GROWIAN 1 oder der bereits diskutierten Einflügelanlage GROWIAN 2 werden zeigen, in welchem Maße ein technisch-wirtschaftlicher Einsatz in Frage kommt und wie sich die Probleme der Verbundschaltung mit Anlagen schwankender Leistung lösen lassen. Grundsätzlich ist die zeitliche Verfügbarkeit der Windenergie wesentlich besser dem Bedarf angepaßt als die der Sonnenstrahlung oder die des Laufwassers (Bild 10), so daß die Integration einer begrenzten Anzahl von Windenergiekonvertern in das Verbundnetz als technisch lösbar erscheint. Hinsichtlich der Anlagekosten werden Zahlen

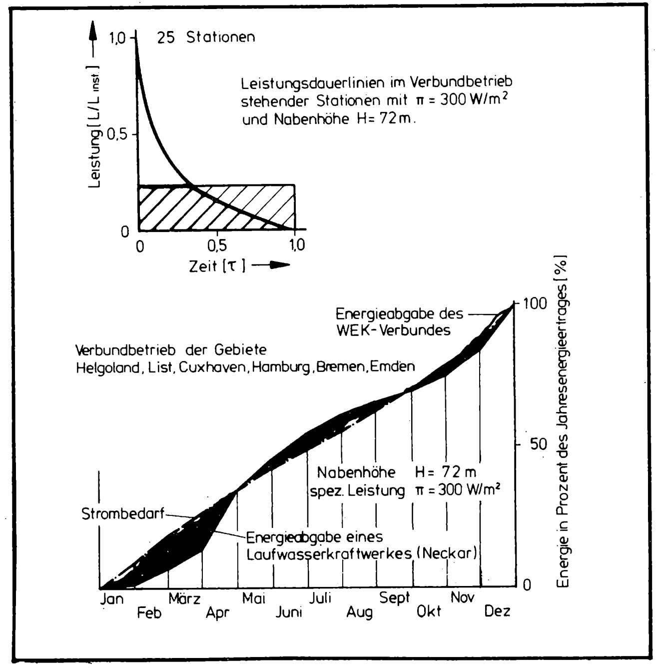


Bild 10: Vergleich der Energiesummenkurven von Windangebot, Laufwasserkraftwerk und Strombedarf von Schleswig-Holstein

genannt, die bei größeren WEK um 2000 DM/KWe Spitzenleistung liegen und eine wirtschaftliche Stromerzeugung in absehbarer Zukunft als möglich erscheinen lassen. Wenn auf sämtlichen in der Bundesrepublik verfügbaren Landflächen, die eine mittlere Jahreswindgeschwindigkeit über 4,5 m/s aufweisen, Windenergiekonverter der Nennleistung 2 bis 3 MW installiert würden, könnten theoretisch 75 Mill. t SKE/a an Primärenergieträgern für die Stromerzeugung gespart werden. Würde man bis zum Jahre 2000 noch 1200 dieser Anlagen errichten, so könnten sie 6 TWh Strom pro Jahr bereitstellen, also etwa 2 Mill. t SKE pro Jahr an anderen Primärenergieträgern sparen. Dies ist so viel, wie die Stromerzeugung eines Kernkraftwerkes. Der langfristige Beitrag von Windenergiekonvertern zur Substitution von Primärenergieträgern dürfte in der Bundesrepublik wegen der Auswirkungen auf die Landschaft und die Flächennutzung nicht über 20 Mill. t SKE/a hinausgehen, der Beitrag im Jahr 2030 kann etwa 10 Mill. t SKE/a betragen.

Ist man sehr optimistisch, so kann man erwarten, daß im Jahre 2030 bei der Stromerzeugung insgesamt etwa 20 bis 30 Mill. t SKE an konventionellen Primärenergieträgern durch Laufwasser-, Wind- und direkte Sonnenenergie ersetzt werden können, wobei etwa 7 Mill. t SKE/a Laufwasserenergie bereits heute genutzt werden.

Wie sehen die Einsatzmöglichkeiten neuer Energiequellen im Bereich der *speicherbaren Energie für Antriebszwecke* aus? Unsere fossilen Energieträger Öl, Kohle und Erdgas stellen letztlich aus Biomasse entstandene gespeicherte Sonnenenergie dar. Auch die laufende jährliche Welt-Produktion von Biomasse mit einer Trockensubstanz von 160 Mrd. t/a stellt bei einem mittleren Heizwert von 18 KWs/g einen Energiebetrag von $8 \cdot 10^5$ TWh/a dar und entspricht damit etwa 90 TW Globalleistung. Geht man davon aus, daß ein Drittel der auf die Landfläche entfallenden Produktion von 57 TW, d. h. 19 TW für energetische Zwecke gesammelt und genutzt werden kann,

so ist dies ein erhebliches Potential, das heute erst zu ca. 5% durch Verbrennung von Holz usw. vor allem in Entwicklungsländern ausgenutzt wird. Die Attraktivität der Bioenergienutzung gründet sich hauptsächlich auf die chemische Fixierung der zugestrahlten Sonnenenergie, d. h. die Speicherung der Energie bereits bei der Produktion. Die energetische Ausbeute der Solareinstrahlung bei der Biosynthese ist dagegen mit 0,2 bis 0,9% in Wäldern, Wiesen und Äckern sehr gering. In Intensivkulturen lassen sich mit Zuckerrohr bzw. Zuckerrüben ca. 5% und mit Mais ca. 3% Energieausbeute erreichen. Will man mit Biomasse die heutigen Treibstoffe ersetzen, d. h. Methanol oder Äthanol erzeugen, so sind physikalisch-chemische Umwandlungsprozesse nötig, die einen relativ hohen Energieverbrauch haben, der die Nettoenergiebilanz sehr verschlechtern kann, insbesondere wenn man noch den Energiebedarf für Kunstdünger, Ernte und Transport der Biomasse einbezieht.

Für die Bundesrepublik ist folgende Überschlagsrechnung illustrativ: Würde das gesamte Ackerland von 7,5 Mill. ha mit Zuckerrüben bepflanzt, so könnte etwa 200 Mill. t SKE/a Biomasse erzeugt werden. Mit einem Wirkungsgrad von 10% für die Umwandlung in Alkohol und 6 Mill. t SKE Energieaufwand für Düngemittel und Ernte ergäbe sich eine Nettoproduktion von 14 Mill. t SKE an Motortreibstoff, d. h. grob ein Viertel unseres heutigen Bedarfs. Die jährliche Wertschöpfung einschließlich der Umwandlung in Motortreibstoff wäre hierbei bei heutigen Preisen mit ca. 10 Mrd. DM wesentlich geringer als die Erlöse der Landwirtschaft aus der jetzigen Produktion allein an pflanzlichen Erzeugnissen mit ca. 20 Mrd. DM.

Günstiger ist die Situation in großflächigen Staaten mit hoher Sonneneinstrahlung wie Brasilien und Australien. Hier überlegt man, Benzin in größerem Ausmaß durch Methanol und Äthanol aus Biomasse zu ersetzen. Ein Alkoholprogramm ist in Brasilien bereits angelaufen, es dient gleichzeitig der Arbeitsbeschaffung und der Regionalentwicklung, muß daher

nicht voll wirtschaftlich sein. Eine Studie für Australien zeigt, daß mit einem großen Nutzungsprogramm für landwirtschaftliche Abfälle und durch Erschließung großer neuer Anbaugebiete pro Jahr 4,4 Mrd. Liter Äthanol und 13 Mrd. Liter Methanol erzeugt werden könnten. Dies entspräche im Energiewert etwa dem halben heutigen Treibstoffverbrauch Australiens. Die Studie kommt jedoch zu dem Schluß, daß Methanol aus Kohle die bessere Option ist, da Australien über genügend Kohle verfügt und das daraus erzeugte Methanol nur die Hälfte des aus Biomasse erzeugten kosten würde. Ein größerer Import von Treibstoffen aus Biomasse in die Bundesrepublik ist nicht zu erwarten, da auch tropische Länder bestenfalls ihren Eigenbedarf werden decken können und nicht als Exporteure auftreten werden.

Als weiterer speicherbarer und auch für Antriebszwecke nutzbarer und umweltfreundlicher Energieträger der Zukunft wird der Wasserstoff angesehen. Er kann durch Elektrolyse aus Wasser erzeugt werden. Neue Energiequellen können hier zum Einsatz kommen, wenn die elektrische Energie für die Wasserelektrolyse z. B. in einem solarthermischen Kraftwerk erzeugt wird. In der bereits erwähnten Studie über Solarkraftwerke in Tunesien wurde auch diese Möglichkeit betrachtet. Dabei hat sich gezeigt, daß für die Erzeugung von Wasserstoff über Elektrolyse vor Ort und den Transport des Wasserstoffs über Pipelines nach Mitteleuropa hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ähnliches gilt wie für den Strom. Mit den 10 Doppelblockanlagen könnten 5 Mrd. Normkubikmeter Wasserstoff zu je 3 DM/m^3 bereitgestellt werden. Die heutigen Erzeugungskosten für Wasserstoff liegen dagegen bei 0,15 bis 0,20 DM/m^3. Auch diese Technologie kommt daher erst langfristig in Betracht, wobei man dann noch fragen muß, ob man die Abhängigkeit vom arabischen Öl durch eine Abhängigkeit von der arabischen Sonne ersetzen möchte.

Im Betrachtungszeitraum sind daher für die Bundesrepublik nur geringe Beiträge neuer Energiequellen für den

Bereich der speicherbaren Sekundärenergien für Antriebszwecke zu erwarten, wenn nicht grundlegend neue Möglichkeiten, z. B. bei der photosynthetischen Erzeugung von Wasserstoff, gefunden und technisch nutzbar gemacht werden können.

Rationelle Energieverwendung

Der Einsatz neuer Energiequellen und Verbesserungen der Energienutzungsgrade in allen Verbrauchssektoren tragen gleichermaßen zur Verringerung des Bedarfs an erschöpflichen Primärenergieträgern bei. Das hierdurch gegebene Einsparpotential wurde in den vergangenen Jahren von verschiedenen Autoren und Institutionen untersucht. Dabei wurden zum Teil sehr detaillierte sektorale Analysen für die verschiedenen Arten der Endenergie durchgeführt. Im Bereich der privaten Haushalte und Kleinverbraucher entfallen etwa 80% des Energieverbrauchs auf die Raumheizung. Daher wurden hier vor allem untersucht die Einsparungen durch

- verstärkte Wärmedämmung bei Neubauten und Altbauten,
- die Ausrüstung von Ein- und Zweifamilienhäusern mit Solarkollektoren,
- die Ausrüstung von Gebäuden mit Wärmepumpen, wobei zunächst Elektrowärmepumpen und zeitlich später auch Gaswärmepumpen zum Einsatz kommen.

Im Bereich der Industrie könnte prinzipiell durch Verlagerung der energieintensiven Grundstoffindustrie ins Ausland der Energiebedarf merklich reduziert werden. Es ist aber inzwischen erkannt worden, daß diese Lösung industriepolitisch nicht akzeptabel ist. Einsparungen ergeben sich jedoch durch weitere Rationalisierung der Fertigungsprozesse, stärkeren Einsatz von elektrischer Energie und die verstärkte Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung. Im Verkehrsbereich sind durch Einsatz sparsamerer Motoren und durch eine teilweise Verla-

gerung des Güter- und Personentransportes von der Straße auf die Schiene deutliche Einspareffekte zu erzielen.

Wie schnell energiesparende Maßnahmen eingeführt werden und sich auf den Primärenergieverbrauch auswirken, wird nicht zuletzt von der Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahmen abhängen. Detaillierte Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit liegen z. Zt. nur in Teilbereichen vor. In der KFA wurde u. a. der Sektor »private Haushalte« untersucht. Die Ergebnisse sind in Bild 11 zusammen mit dem erwarteten zeitlichen Verlauf der Einführung dieser Sparmaßnahmen dargestellt. Man erkennt, daß bei den heutigen Kostenrelationen die meisten der Maßnahmen zur Reduzierung des Primärenergieverbrauchs noch nicht kostendeckend sind. Ausgenommen sind Wärmedämmaßnahmen bei Neubauten, die sich bereits heute weitgehend bezahlt machen. Da die bis zum Jahre 2010 getätigten Investitionen auch in der Folgezeit noch zu Einsparungen führen, ist jedoch auch bei vielen anderen Sparmaßnahmen die Schere zur Wirtschaftlichkeit nicht mehr weit offen: bei 1000 DM/t Öl würden die bis 2000 getätigten Investitionen z. B. bis zum Jahre 2020 durch Einsparungen gedeckt werden, bei 2000 DM/t Öl bereits bis zum Jahre 2006. Durch staatliche Förderungsmaßnahmen, wie Steuervergünstigungen oder Investitionszuschüsse, sowie auch durch gesetzgeberische Maßnahmen, wie Wärmedämmverordnungen oder das Verbot der Installation von Heizungen mit hohem Primärenergieverbrauch, kann die rasche Einführung energiesparender Maßnahmen unterstützt werden.

Eine Prognose der Einführungsraten von Energiespartechnik ist in allen Verbrauchssektoren mit großen Unsicherheiten behaftet. Aus den verschiedenen vorliegenden Studien läßt sich jedoch innerhalb eines breiten Streubandes der im Bild 12 dargestellte Verlauf der relativen Energieeinsparung in den verschiedenen Verbrauchssektoren erwarten. Durch rationelle Energieverwendung läßt sich danach der relative Endenergiebedarf des Jahres 2030 gegenüber dem bei heutiger Nutzungs-

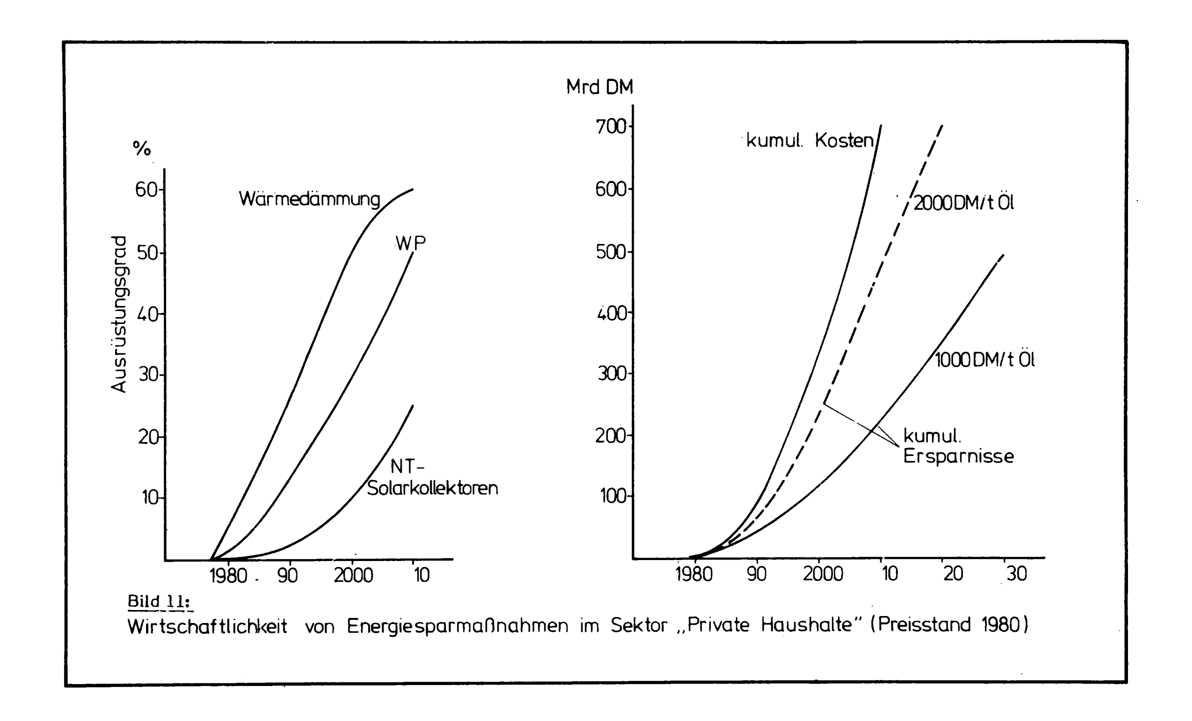


Bild 11:
Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen im Sektor „Private Haushalte" (Preisstand 1980)

weise um fast 35% reduzieren. Dies resultiert aus Einsparungen in den Sektoren Raumwärme von ca. 50%, Prozeßwärme von ca. 20%, Licht- und Kraft (ohne Verkehr) von ca. 30% und im Sektor Verkehr von ca. 40%. Der absolute Endenergiebedarf hängt vom Wirtschaftswachstum und von der Bevölkerungsentwicklung ab, der resultierende Primärenergieverbrauch dann noch von der Versorgungsstruktur, d. h. insbesondere von den Verlusten im Energiewandlungssektor, dem Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung und dem Grad der Fernwärmenutzung. Nach heutigen Schätzungen wird sich der Anteil der Wandlungsverluste erhöhen, so daß die Einsparung an Primärenergie hinter der der Endenergie zurückbleiben und im Jahre 2030 nur knapp 28% ausmachen wird. Zur Abschätzung des Primärenergiebedarfs wollen wir in Bild 13 zwei alternative Entwicklungen betrachten, die durch ein stärkeres und durch ein schwächeres wirtschaftliches Wachstum charakterisiert werden können. In beiden Fällen geht das Wirtschaftswachstum mit fortschreitender Zeit zurück (4%, 3%, 2% bzw. 3%, 2%, 1% in den Zeiträumen 1980/1985 – 1985/2000 – ab 2000). Ohne forcierte Sparmaßnahmen und bei einer ab 2000 konstanten Wohnbevölkerung würden sich dann die Kurven 1 des letzten Bildes ergeben. Der so ermittelte Primärenergieverbrauch kann durch rationelle Energieverwendung und den Einsatz von neuen Energiequellen erheblich reduziert werden. Mit den in Bild 12 gezeigten Prozentsätzen der Einsparung an Primärenergie ergeben sich die Kurven 2. Berücksichtigt man zusätzlich die Entlastung des Primärenergieverbrauchs durch den Einsatz neuer Energiequellen, so ergeben sich die Kurven 3, wobei die oberen Kurven jeweils für das stärkere, die unteren für das schwächere Wirtschaftswachstum gelten.

Nach diesen Kurven kann durch rationelle Energieverwendung und den Einsatz neuer Energiequellen der weitere Anstieg des Primärenergieverbrauchs trotz eines weiteren abflachenden Wirtschaftswachstums abgefangen und nach

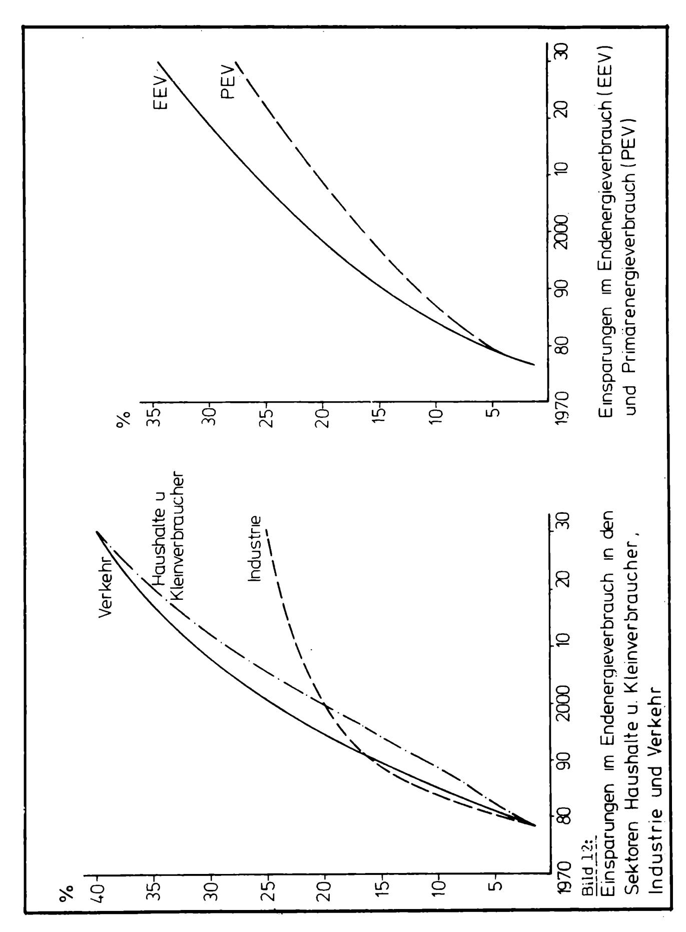


Bild 12: Einsparungen im Endenergieverbrauch in den Sektoren Haushalte u. Kleinverbraucher, Industrie und Verkehr

2010 sogar ein Sinken des absoluten Primärenergieverbrauchs bewirkt werden. Der Anteil der neuen Energieträger ist im unteren Teil von Bild 13 vergrößert dargestellt. Er bleibt jedoch auch im Jahre 2030 mit etwa 10% relativ gering, während die Wirkung der rationellen Energieverwendung mit 28% stärker zu Buche schlägt. Der nach diesen Szenarios ver-

bleibende Primärenergiebedarf von 480 bzw. 600 Mill. t SKE/a muß im Jahre 2030 mit konventionellen Energieträgern und Kernenergie gedeckt werden, was bei der erforderlichen Substitution von Erdöl und Erdgas eine sehr schwere Aufgabe sein wird.

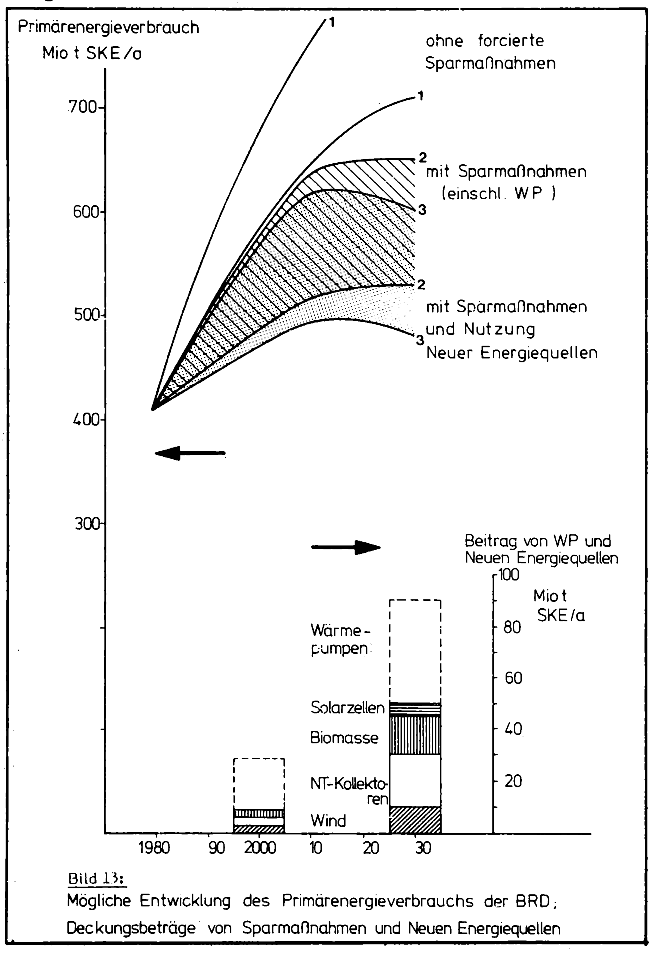


Bild 13:
Mögliche Entwicklung des Primärenergieverbrauchs der BRD; Deckungsbeträge von Sparmaßnahmen und Neuen Energiequellen

J. Grawe, Energiesparen und Kernenergie-Alternativen oder Elemente einer »gemischten« Energiepolitik. Energiewirtschaft 4/1979, S. 238 ff.
K. Schmitz, A. Voss, Ein Alternativszenarium zur Energiepolitik? Jül-Spez. 55, September 1979
Deutsche Shell AG, Trendwende im Energiemarkt, Szenarium für die Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2000, August 1979
K. Schmitz, Langfristplanung in der Energiewirtschaft - Eine Computersimulation für die Bundesrepublik Deutschland. ISR 65, Birkhäuser-Verlag, 1979
W. E. Scott, Australia prepares for petrol crisis. Energy International, 16, No. 11 (Nov. 1979). S. 51 ff.
D. Oesterwind, A. Voss, Brauchen wir Kernenergie? Jül-Conf-17, September 1979, S. 7 ff.
Vorträge der Tagung »E-Wärmepumpe '79« Düsseldorf, 8.–9. November 1979
R. Neumann, PLE, KFA, Geothermische Quellen zur Erzeugung von Wärme und elektrischer Energie. Private Mitteilung, Dezember 1979
F. J. Friedrich, PLE, KFA, Solar Energy Projects for Heating of Buildings in Germany. CCMS-Report 109, Vortrag auf dem International Solar Energy Society Congress, 25. 5.–1. 6. 1979, Atlanta, Georgia/USA
M. Melíß, Influence of Low Temperature Solar Heat Application in the Energy Demand of the FRG. Vortrag auf dem ISES-CSIRO Workshop on Solar Energy System Design, 30. 11.–1. 12. 1978, Düsseldorf
H. Bossel, Energieversorgung der Bundesrepublik ohne Kernenergie und Erdöl - Methodik, Annahmen und Ergebnisse der Studie des Öko-Instituts für Angewandte Ökologie, Freiburg
Sachverhalte, Nr. 10, Jahrgang 5, Oktober 1979, IZE
D. Görgmaier, Energie für morgen - Planung von heute. ELEMENTAR E1, Bayr. Landeszentrale für politische Bildungsarbeit, München 1978; darin Beitrag von H. Gottschlich u. K. Reiter »Möglichkeiten und Grenzen der Alternativen zur Kernenergie«, S. 25–40
M. Melíß, Energiequellen für morgen. Umschau-Verlag Frankfurt, 1977 (Kurzfassung)
D. Bodansky, Electricity Generation Choices for the Near Term. SCIENCE, Vol. 207, Nr. 4432, 15. Februar 1980
B. Stoy, Möglichkeiten dezentraler Energieversorgung. Vortrag auf der internationalen Informationstagung des Deutschen Atomforums in Mainz, 21. u. 22. 1. 1980

Der Zweck der Energie: Neue Gelegenheiten

Walter Patterson

In meinem Vortrag befasse ich mich mit dem Thema »Energie, ein Produkt, das niemand will«. In der Tat muß ich bekennen, daß ich bisher über die Arbeit von Herrn Meyer-Abich weder gelesen noch gehört hatte. Daher war ich erfreut festzustellen, wie ähnlich unsere Ansichten zu sein scheinen. Ich hoffe, ich brauche nicht darauf hinzuweisen, daß gute Ideen nicht alle einer einzigen Quelle entspringen. Wenn Sie einmal darüber nachdenken, stellen Sie fest, daß niemand Energie als solche in irgendeiner Form haben will. Was wir fordern ist mehr Bequemlichkeit, Ernährung, Beweglichkeit, Möglichkeit Material zu verarbeiten usw. Zur Erreichung dieser verschiedenen Ziele setzen wir im Zusammenhang mit der Energie drei Faktoren ein: Umgebungsenergie, Brennstoffenergie und Energieumwandlungssysteme.

Die Umgebungsenergie ist kostenlos, aber schwer zu kontrollieren. Brennstoffenergie ist kontrollierbar, man kann ihre Freisetzung in Gang setzen, aber man muß dafür bezahlen, entweder in Form von Geld oder durch Arbeitsleistung. Der Schlüssel zu ihrem Endziel liegt jedoch in den Energieumwandlungssystemen.

Ich bin zur Zeit, wie viele andere auch, damit beschäftigt ein Buch über dieses Thema zu schreiben. Ursprünglich hatte ich als Titel »Energy and Purpose« vorgesehen, aber aufgrund einer nächtlichen Eingebung änderte ich den Titel in »The End of Energy«, ein zweideutiger Titel, da im Englischen »end« nicht nur das Ende, sondern auch das Ziel ausdrückt. Beides soll das Buch behandeln.

Als ich mit der Arbeit an diesem Buch begann, kam mir eine eigenartige kleine Erkenntnis: der Mensch ist der einzige auf diesem Planet lebende Organismus, der Brennstoff ver-

wenden kann. Er ist der einzige Organismus, der außerhalb seines Körpers eine exotherme Reaktion auslösen und damit eine lokale Temperaturerhöhung herbeiführen kann. Auf dieser besonderen Fähigkeit beruht die Schaffung unserer Industriegesellschaft mit all ihren Vor- und Nachteilen. Wir verbinden dabei Umgebungsenergie und Brennstoffenergie durch ein Energieumwandlungssystem.

Ein Haus beispielsweise ist ein Energiewandlungssystem, selbst wenn es nur ein Kasten mitten auf einem Feld ist, wie Professor Meyer-Abich es ausdrückt. Es trägt zu einer etwas konstanteren Innentemperatur und damit zu etwas angenehmeren Umgebungsverhältnissen bei. Wenn Sie Ihren Kasten nun ein wenig komplizieren, er aber weiterhin ein Kasten bleibt, nur mit mehr Aufwand an interessanten Gegenständen, können Sie hierdurch eine bessere Kontrolle über die Innentemperatur und damit mehr Bequemlichkeit erreichen. Normalerweise fügen wir diesen Kästen weitere Systeme hinzu, um einheitliche Innentemperaturen und natürlich auch um zusätzliche Dienstleistungen zu erhalten. Bei allen diesen Zusatzsystemen handelt es sich um Umwandlungssysteme von Brennstoffenergie.

Erläutern möchte ich das Gesagte durch einen Vergleich zwischen zwei Brennstoffen: Uran und Müll. Müll ist ein sehr viel vielseitigeres Material, man kann damit weitaus mehr tun als mit Uran. Er steht in größerem Umfang zur Verfügung und ist billiger. Hinzu kommt ein besonders interessanter Aspekt: manche Menschen sind zwar besorgt, es könne analog der OPEC eine UPEC geben, aber ich bezweifele sehr, daß wir es jemals mit einer MÜLLPEC zu tun haben werden.

Nehmen wir an, daß wir bereit sind, ein Energieumwandlungssystem aufzubauen, das die Energie aus dem Uran gewinnt. Dies bedeutet nicht nur das Kernkraftwerk, sondern auch alle anderen Einrichtungen, die erforderlich sind auf dem Weg vom Uranbergwerk bis zur Endlagerung des radioaktiven Abfalls. Wenn man nun bereit ist, diesen Aufwand an

Geld, Zeit, Anstrengung und Material in ein solches Energiewandlungssystem zu stecken, dann stellt sich genau die Frage, ob es der Mühe wert sei, die gleiche Menge an Anstrengung und Geld hineinzustecken, um die erforderlichen Sammel- und Verwertungseinrichtungen zu errichten, aus denen man den Heizwert des städtischen Mülls wiedergewinnen kann. Dies ist ein Problem, das nach meiner Meinung noch nicht in hinreichendem Umfange gelöst ist, obwohl wir wissen, daß man dies mancherorts mit dem städtischen Müll tut. Man erntet mit dieser Aktivität allerdings keinen großen Ruhm, und ich frage mich, ob dies vielleicht die psychologische Begründung ist.

Herr Winnacker ist in seinem Referat auch auf den historischen Hintergrund unserer heutigen Energiesituation eingegangen. Ich würde mich freuen, wenn der historischen Entwicklung noch mehr Aufmerksamkeit gewidmet würde. Wie sind wir dahin gekommen, wo wir jetzt stehen? Die Infrastruktur für die Umwandlung von Brennstoffenergie, die wir heute haben und schon beinah als lebensnotwendig betrachten, ist im Grunde erst in der letzten Generation geschaffen worden. Dies war während eines Zeitraumes, als die realen Preise für die wesentlichen Brennstoffe fielen, insbesondere in den Jahren von 1950 bis 1970. Diese historisch gesehen sehr kurze Anomalie ist die Grundlage, auf der die meisten Voraussagen für den angeblichen zukünftigen Energiebedarf beruhen.

Es wäre wünschenswert, wenn das Wort Energie aus der Diskussion über die zukünftige Politik verschwinden würde. Denn wenn man den Begriff »Energie« wahllos verwendet, so verliert man das eigentliche Ziel der Überlegungen aus dem Auge. Worüber wir im Grunde sprechen, sind einzelne Brennstoffe, einzelne Umwandlungssysteme und einzelne Verwendungszwecke. Und diese sind nicht alle und ohne weiteres gegeneinander austauschbar. Wenn man dies alles in einen Topf wirft, dann besteht die Gefahr der Selbsttäuschung über die Durchführbarkeit der politischen Optionen.

Etwa seit 1973 interessieren wir uns stärker für die Art und Weise, in der die verschiedenen Brennstoffarten in Umwandlungssystemen genutzt werden. Aber bis dahin waren es im Grunde fast nur die Lieferanten von Brennstoff und Strom, die Daten über den Endverbrauch sammelten, so daß ihre Voraussagen natürlich nur die Versorgungsseite betrafen. Endverwendungszwecke interessieren sie nicht.

Seither haben wir gemerkt, daß wir einiges wissen über die Struktur der Endverwendungszwecke, die Temperaturniveaus, die wir erreichen wollen, die zeitlichen Anforderungen und die Kraftströme.

Zum Beispiel wissen wir, daß wir bei den meisten identifizierbaren Anwendungsbereichen Niedertemperaturwärme brauchen. Selbst im tiefen Winter ist es nur eine Frage von wenigen zehn Graden, um eine Änderung gegenüber der Außentemperatur zu erreichen.

Darüber hinaus benötigen wir transportierbare Flüssigbrennstoffe mit hoher Energiedichte für die bereits vorhandenen Transportsysteme. Aufgrund der umfangreichen Studien, die auf diesem Gebiet seit jetzt mehr als fünf Jahren gemacht werden, weiß man, daß es eine sehr umfangreiche Liste von technisch und wirtschaftlich realisierbaren Einzelelementen aus einem großen Energiepaket gibt. Diese Studien werden nicht nur in der Bundesrepublik Deutschland, sondern auch im Vereinigten Königreich, in Dänemark, in Schweden, in den Vereinigten Staaten usw. gemacht.

Ich will an dieser Stelle keine Zahlenreihen bringen, um damit die Zahlenreihen anderer zu übertreffen. Wer sich ernsthaft dafür interessiert, dem empfehle ich auf die Quellen zurückzugehen, wie etwa den Bericht von Leach und anderen, der für das Vereinigte Königreich eine neue Struktur des Energieversorgungssystemes analysiert hat. Er hat dabei sehr ins Einzelne gehend die technisch und wirtschaftlich gerechtfertigten Maßnahmen aufgezeigt, die man ergreifen muß, um etwa im Jahre 2025 eine Situation zu erreichen, wo das Pro-

Kopf-Sozialprodukt um einen Faktor 3 höher liegt, während der Primärenergieeinsatz nicht wesentlich größer ist als im Jahre 1978, genaugenommen etwas geringer und zu jenem Zeitpunkt sogar sinkend und nicht steigend. Dies ergibt sich einfach aus der Tatsache, daß die von Leach und seinen Kollegen geplanten Maßnahmen sich auf die Energiewandlungssysteme und nicht so sehr auf neue Brennstoffquellen beziehen.

Dies ist die Wahl, vor der wir heute stehen. Entweder wir ändern die Energieinfrastruktur oder wir entwickeln neue Wege zum Betrieb dieser Infrastruktur.

Herr Beckurts hat gezeigt, daß es im Prinzip durchaus machbar ist, eine neue Infrastruktur aufzubauen, die auf dem Einsatz von Kernkraftwerken beruht und all die verschiedenen Dienstleistungen bereitstellt, an die wir denken. Das ist nicht der einzige Weg zur Änderung der Infrastruktur. Es gibt beispielsweise Möglichkeiten, nicht nur die Konstruktion, sondern auch das thermische Verhalten der Bauwerke zu verbessern, die wir benützen. Einige dieser Möglichkeiten lassen sich natürlich nicht ohne weiteres auf vorhandene Gebäude anwenden. Sie werden uns also noch für einige Zeit begleiten.

In ähnlicher Weise können wir unsere Transportsysteme verbessern. Hier geht es nicht nur um technische Maßnahmen, sondern notwendig ist auch eine große Linie bei den politischen Maßnahmen. 1973 hat uns die OPEC einen ernsthaften Schock versetzt. Wir haben festgestellt, daß wir verwundbar sind, weil wir eine große Zahl von Umwandlungssystemen in Betrieb haben, die alle auf billigem und stets verfügbarem Brennstoff beruhen. Der beste Weg zur Verringerung unserer zukünftigen Verwundbarkeit gegenüber dieser Art von Schocks ist es, wenn wir so wenig Brennstoff wie möglich benötigen. In diesem Zusammenhang möchte ich darauf hinweisen, daß wahrscheinlich die Verbundnetze der Elektrizitätsversorgung die verwundbarste Form einer Kombination von Brennstoffarten und Umwandlungssystemen darstellen.

Es handelt sich um ein System mit sehr geringer Speichermöglichkeit, bei dem man mit einer abrupten Unterbrechung der Energieversorgung in größerem Umfange rechnen muß, wie dies im Dezember 1978 in Frankreich der Fall war, wo innerhalb von drei Minuten das gesamte Verbundnetz ausfiel. Wenn wir diese Art von Beurteilungskriterien einführen, so ist das im üblichen Sinne ein nichtquantifizierbarer Maßstab. Aber ich bin der Auffassung, daß wir auch diese Art von Kriterien anerkennen sollten.

Wir haben gehört, daß soundsoviel Energieeinsparung über einen gewissen Zeitraum durch diese und jene Maßnahmen möglich ist. Ähnlich wie der Begriff »Energie« ist auch der Begriff »Einsparung« ein Allerweltswort, über das nicht ernsthaft nachgedacht wird.

Ich persönlich halte nichts von Energieeinsparung im herkömmlichen traditionellen Sinn. Es geht hier nicht um Änderungen in den Endzielen. Vielmehr müssen wir genau die gleichen Endziele erreichen, jedoch mit einer anderen Kombination aus Brennstoff und Umwandlungssystemen. Aber hier treten erhebliche institutionelle Probleme auf. Wenn Sie die Wärmedämmung ihres Hauses verbessern wollen und Sie bereits ein Haus haben, so müssen Sie hierfür einiges an Geld aufwenden. Wollen Sie zum Beispiel Geld zur Wärmeisolierung Ihres Hauses leihen, so werden Sie feststellen, daß Sie einen recht hohen Zinssatz zu zahlen haben. Wenn Sie aber in der glücklichen Lage wären, ein Energieversorgungsunternehmen zu sein, und wenn Sie eine Milliarde DM borgen wollten, um ein neues Kernkraftwerk zu bauen, so wäre das kein Problem. Es ist also wesentlich leichter, enorm hohe Geldbeträge zu beschaffen als kleinere, was bedeutet, daß hier eine fundamentale Asymetrie bei der Auswahl der institutionellen Kriterien vorliegt, die die hier vorgenommene Auswahl bestimmen. Im Extremfall liegt das Problem doch darin, daß gerade viele von den Menschen, die in den am schlechtesten isolierten Häusern wohnen, ein sehr niedriges Einkommen haben. Ihnen

steht nur ein ganz geringer Betrag zur Verfügung, den sie dafür einsetzen können, um auch nur einige Rollen Dachbodenisolierung zu kaufen.

Nun neigen Regierungen dazu – und dies ist mit Sicherheit in Großbritannien der Fall – zu sagen, daß sich Wärmeisolierung von Gebäuden wahrscheinlich in deutlich weniger als fünf Jahren auszahlt. Daher sieht die Regierung keinen Grund, hier stützend einzugreifen. Aber auf der anderen Seite gewährt sie den Elektrizitätsversorgungsunternehmen alle Arten von Steuervorteilen und Kreditunterstützungen. So ist es in Großbritannien und ich habe den Eindruck, daß es in der Bundesrepublik Deutschland ähnlich ist. Dies ist offensichtlich weit weg von einer symmetrischen Subventionierung. Ich will damit nicht behaupten, daß dies von seiten der Regierung ein unvernünftiges Konzept ist. Aber wir müssen die Asymmetrie erkennen, wenn wir Optionen vergleichen.

Wir hören viel von der Notwendigkeit, die Marktkräfte zu akzeptieren. Das ist besonders in den Vereinigten Staaten ein Problem. Aber wenn der Markt nein sagt und man ist groß genug, wie Chrysler oder AEG, dann ändert sich plötzlich die Melodie und plötzlich gilt alle Sorge den Arbeitsplätzen. Man darf nie vergessen, daß nirgendwo auf der Welt, einschließlich der Bundesrepublik Deutschland, je eine Nuklearindustrie vorhanden wäre, wenn man alles den Marktkräften überlassen hätte.

Diese Asymmetrie ist das Schlüsselproblem. Man neigt immer zu dem Gedanken, daß das, was man nicht tun will, wesentlich schwerer ist als das, was man tun will. So hört man häufig schwerwiegende Bedenken über die technische Machbarkeit von Isolierungen, Wärmepumpen, Wärmerückgewinnungssystemen, Kraftwärmekopplung und anderen Technologien. Und andererseits hört man, daß Kernenergie eine bewährte Technologie ist. In der Tat scheint es mir, als stelle die Kernenergie auf der Grundlage der bisherigen Erfahrungen eine bewiesene Technologie dar: sie hat bewiesen, daß sie

hinter den Zeitplänen, über den Kostenvoranschlägen und außerhalb der Zuverlässigkeit liegt.

In dieser Hinsicht ist sie nicht einzigartig. Viele andere hochentwickelte Technologien haben ähnliche Erfahrungswerte. Was fehlt, ist auch hier mehr Symmetrie beim Setzen der Maßstäbe. Dies ist ein wirkliches Problem. Auf der einen Seite haben sie die unendlich schlechten Erfahrungen mit den offiziellen Energieplanern während der letzten 15 oder 20 Jahre und auf der anderen Seite gibt es die unabhängigen Analytiker, wie meinen Kollegen Herrn Leach und andere hier in der Bundesrepublik Deutschland, die über keine Referenzen verfügen. Hier muß man sich entscheiden, welchen dieser beiden ziemlich unattraktiven Alternativen man Glauben schenken will. Und hier stößt man erneut auf das schwierigste Problem bei der Beurteilung der Kernenergie, nämlich die Tendenz zur Selbsttäuschung. Es gibt starke Argumente, die zumindest in gewissen Zusammenhängen für die Kernenergie sprechen. Aber im Laufe der Jahre gab es so viele Übertreibungen und Überbewertungen sowie Kostenfehleinschätzungen und übertriebenen Optimismus auf der technischen Seite, daß die Entscheidung für die Kernenergie dazu tendiert, ihre Glaubwürdigkeit zu verlieren. Außerdem wurde die Kernenergie mit fragwürdigen Argumenten zu schnell und zu weit vorangetrieben und leider besteht dieses Problem nach wie vor. Deshalb ist es nach meiner Ansicht an der Zeit, daß die Verfechter der Kernenergie etwas mehr Bescheidenheit zeigen. Es wäre in ihrem eigenen Interesse, wenn sie die Probleme, mit denen sie konfrontiert sind, erkennen und akzeptieren würden, ebenso wie die Fehleinschätzungen der Vergangenheit. Wenn die Kernenergieverfechter aufhören, sich selbst hinsichtlich der Probleme etwas vorzumachen, so können sie langfristig unbesorgter in die Zukunft sehen.

Ich darf in diesem Zusammenhang auf eine Analyse von Walker und Lönnroth verweisen, die der internationalen Beratungsgruppe über Kernenergie als Grundlage diente und

den Titel trägt »Die Lebensfähigkeit der zivilen Nuklearindustrie«. Es ist eine sehr durchdachte und zutreffende Analyse, die nach meiner Meinung ein wirksames Gegengift gegen die Selbsttäuschung darstellt.

Ich bin weiterhin der Meinung, daß auf dem Energiesektor nicht nur die technischen Ideen, wie sie zum Beispiel von Herrn Engelmann beschrieben worden sind, sondern auch die institutionellen Ideen über neue Wege zur Organisation der Energieplanung und der Entscheidungsfindung beachtenswert sind. Wir haben uns mit den Optionen, die in Studien wie denen von Leach oder Krause oder Meyer-Abich vorgetragen werden, noch nicht ernsthaft genug beschäftigt. Erst seit etwa sieben Jahren sind sie für uns interessant geworden. Viele, und ich gehöre zu ihnen, glauben, daß diese Ideen weit mehr der Unterstützung wert sind als die Kernenergieszenarien. Beispielsweise glaube ich, daß eine starke Ausdehnung des Nuklearanteils in der Energieversorgung den harten Weg darstellt. Und er wird viel härter, viel teurer, viel weniger zuverlässig und viel verwundbarer sein als die alternativen Kombinationen, die auch vorgeschlagen wurden.

Ich glaube nicht, daß es darum geht, die nukleare Option aufzugeben, wie uns Herr Beckurts unterstellt. Denn wir dürfen nicht vergessen, daß die kerntechnische Industrie Mitte der 50er Jahre durch Regierungsbeschlüsse und gegen die damals geltenden wirtschaftlichen Grundsätze geschaffen wurde. Heute haben wir wesentlich mehr technisches Wissen und sonstige Erfahrung. Daher scheint mir die Annahme vernünftig, daß es keinen Grund gibt, warum man die kerntechnische Industrie nicht in einem gesünderen Rahmen wieder aufbauen könnte, wenn man sie nach ihrem jetzigen Niedergang in der Zukunft wirklich wieder benötigte. Aber wenn man in der Zwischenzeit die nukleare Option wirklich als Option unter vielen anderen aufrechterhalten will, so reicht es einfach nicht aus, der Öffentlichkeit zu erzählen, daß sie entweder die nuklearen Ausbaupläne akzeptieren oder im Dunkeln frieren muß.

Die Öffentlichkeit glaubt dies einfach nicht. Andere Optionen erscheinen ihnen vielleicht zu Unrecht mindestens genau so möglich wie die nukleare Option. Aber wenn die Öffentlichkeit der Nuklearindustrie nicht glaubt, dann wird diese und möglicherweise unsere gesamte Gesellschaft in ernsthafte Schwierigkeiten kommen.

Möglichkeiten dezentraler Energieversorgung

Peter Penczynski

Die Zeit des billigen und reichlich fließenden Öls ist vorbei, und die Energieversorgung der Bundesrepublik hängt zu über 50% vom Mineralöl ab. Das Vorhandensein prinzipiell großer globaler Ressourcen darf nicht den Blick verstellen für die Tatsache, daß diese nur schwer zugänglich sind, wie z. B. Ölschiefer, Teersande und Förderung auf dem Meeresboden. Viel stärker als die mengenmäßige tritt die politische Beschränkung in den Vordergrund. Die sogenannten Ölkrisen von 1973 und 1979 haben es deutlich gezeigt. Die Folge davon war eine etwa zehnfache Preissteigerung für Rohöl.

Erdöl und im Gefolge davon Erdgas müssen substituiert werden. Das ist unser technisch-wirtschaftliches Problem. Zur Verfügung stehen uns die Kohle und die Kernenergie sowie die regenerativen Energien und das Potential der rationellen Energieverwendung.

Kohle und Kernenergie im Verbund tragen dabei die Hauptlast. Die Kohle muß längerfristig der Verbraucherinfrastruktur nach flüssigen und gasförmigen Energieträgern angepaßt und zunehmend zu Synthesegas, Methan, Methanol oder synthetischem Benzin veredelt werden. Sie ist dabei aus Gründen der Wirtschaftlichkeit sowie der Umwelt- und Ressourcenschonung so rationell wir nur irgend möglich einzusetzen. Die Einkopplung von nuklearer Prozeßwärme zur Kohleveredelung scheint zwingend, um die Umwandlungsverluste nicht durch Kohle, sondern durch Kernenergie zu decken. Der verstärkte Einsatz der Kernenergie zur Stromerzeugung liefert nicht nur Strom für Substitutionszwecke (z. B. Wärmepumpe, Hilfsantriebe für solare Heizung und Brauchwassererwärmung), sondern leistet einen entscheidenden Beitrag zur Freisetzung von Kohle zur Veredelung.

Die knapper und teurer werdenden fossilen Energien geben auch verstärkte Impulse für die Nutzung regenerativer Energien und der rationellen Energieverwendung und damit für eine dezentrale Energieversorgung.

Wir haben aber auch ein geistiges Problem. Die Energiediskussion hat längst den technisch-wissenschaftlichen Rahmen gesprengt und sich zur Kulturkritik ausgeweitet. Es ist eine politische Debatte über »Umdenken« und »Umlenken« in unserer Gesellschaft geworden. Der Wert des technischen Fortschritts und des materiellen Wachstums wird von den Gegnern der traditionellen Energiepolitik zutiefst bezweifelt. An ihre Stelle tritt die Suche nach kulturellen und geistigen Werten. Es werden nur die negativen ökologischen und sozialen Auswirkungen einer hochtechnisierten Welt wahrgenommen. Soziale Kriterien wie Akzeptanz, Selbst- und Mitbestimmung sind deshalb beherrschend für den Wunsch nach einfachen, überschaubaren und abgeschlossenen Systemen, gesellschaftlich wie technisch. Bei der Suche nach einer dezentralisierten Gesellschaft steht eine dezentrale Energieversorgung zwangsläufig im Mittelpunkt.

Die geistig-kulturell begründete Auseinandersetzung über das »Wie« unserer zukünftigen Lebensform hat zu scheinbar unversöhnlichen Gegensätzen zwischen technischen und gesellschaftspolitischen Aspekten geführt. Die heftig und kontrovers geführte Diskussion verdeutlicht nicht mehr, aber auch nicht weniger als eine tiefgreifende Krise, deren Bewältigung über die Weiterentwicklung und den Fortbestand unserer Industriegesellschaft entscheidet. Großtechnologien, die entscheidend zur Substitution von Erdöl und Erdgas beitragen müssen, werden aus gesellschaftspolitischen Gründen abgelehnt.

Ist Energie wirklich nur Mittel zur Zerstörung der natürlichen und sozialen Umwelt? Oder ist Energie nicht doch Voraussetzung für wirtschaftliche und soziale Entwicklung? Darüber ließe sich trefflich philosophieren und streiten, wenn wir

nicht das Problem der Umorientierung unserer Energiewirtschaft »weg von Öl und Gas« hätten. Die Zeit eilt. Der notwendige Konsens muß bald herbeigeführt werden. Monopolansprüche, ob von gesellschaftspolitischer oder technischer Seite, führen in die Sackgasse. Wir müssen einen Schritt aufeinander zugehen. Der Techniker ist dabei nicht einmal gezwungen den Boden seiner Realität zu verlassen, wenn am Anfang seiner Strategieüberlegungen das dezentrale Energiesystem und die rationelle Energieverwendung stehen.

2 Das Unbehagen in der Gesellschaft

Es sind viele Symptome für das sich verstärkende Unbehagen in unserer Gesellschaft zu finden. Die emotional geführte Debatte um Kernenergie, aber auch Bürgerinitiativen, Umweltschutz, Auseinandersetzung mit der Stadt, Humanisierung der Arbeitswelt, Naturheilmedizin, biologische Anbaumethoden, Förderung des Handwerks usw. sind nur einige Teilaspekte. Autoritätsverlust und Vertrauensschwund in die Wirkungsweise von Institutionen und Personen oder Personengruppen sind zu beobachten, seien es Verwaltung, Politiker, Naturwissenschaftler, Ärzte oder Regierung. Die Folgen sind Bürgerprotest, Verdrossenheit und Zukunftsangst. Die Sehnsucht nach einer einfachen, verständlichen und heilen Welt ist überall zu spüren. Die Bewegung eines »alternativen Denkens« geht dabei quer durch die politischen und gesellschaftlichen Gruppierungen.

Gemeinsame Ursachen zu finden ist nicht einfach, da sich die Probleme für den einzelnen, aber auch aus globaler Sicht sehr unterschiedlich darstellen. Für die Entwicklungsländer geht es noch um die elementare Frage: Wie schafft man die verlangte Energie?

In den Industrienationen sind wir inzwischen frei geworden, die »Effekte zweiter Ordnung« – wie Carl Friedrich von Weizsäcker es ausdrückt – in den Vordergrund unseres Inter-

esses zu stellen: »Wie wirkt die bereitgestellte Energie auf die Gesellschaft zurück?« oder »Effekte dritter Ordnung« wie Rückwirkungen der Gesellschaft auf die Kultur.(1)

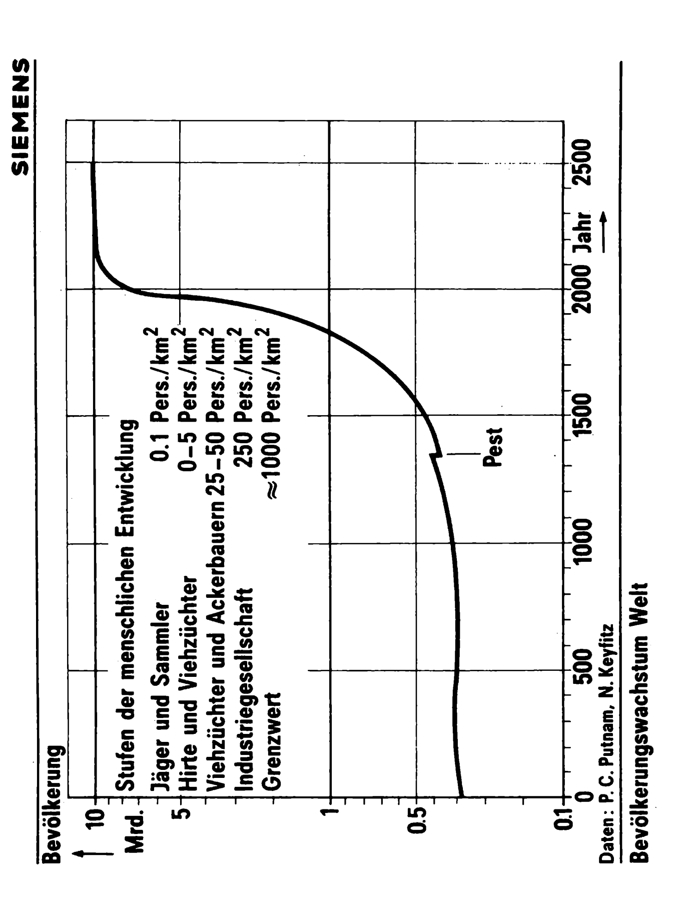
Es wäre zu vordergründig, den sich daraus ergebenden Protest gegen die konventionelle, technische und kulturelle Weisheit nur als ökologische Bewegung zu sehen. Die Ursachen liegen wohl tiefer im soziokulturellen Bereich. Die Entfremdung des einzelnen in einer hochtechnisierten, arbeitsteiligen Industriegesellschaft spielen eine große Rolle. Zweifel am Wert des technischen Fortschritts und am materiellen Wachstum kommen auf. Neue kulturelle Wertesysteme werden gesucht. Es ist auch keine Erscheinung, die durch die Kernenergie hervorgerufen worden ist; sie hat vielmehr durch die Kernenergiekontroverse einen neuen vorläufigen Höhepunkt erreicht.

Ein weltweites Problem ist aber zweifellos die zukünftige Bevölkerungsentwicklung. Das Bild 1 zeigt über einen großen Zeitraum, von Christi Geburt an, diese Entwicklung auf. Nach einer scheinbaren stabilen Periode von Hunderten von Jahren befinden wir uns in einem Stadium schnell wachsender Weltbevölkerung. Vor uns liegt zwingend die Notwendigkeit, einen Sättigungswert zu erreichen. Die Annäherung an den Gleichgewichtszustand ist nur im Falle einer »ereignisfreien«, friedlichen und rein demographischen Entwicklung möglich. Jede krisenhafte Störung würde vorher zu einem katastrophenhaften Zusammenbruch der Weltbevölkerung führen.

Das Bild erklärt auch die Ängste und Unsicherheiten über unsere zukünftige Entwicklung. Führt nicht weiteres Bevölkerungswachstum zu Nahrungsmittelproblemen, verstärkte Belastung der Umwelt, Plünderung der Rohstoffreserven und der fossilen Energieträger? Stehen wir nicht vor einer Katastrophe mit kaum vorstellbaren Folgen?

Sind auf der anderen Seite organische Systeme nicht auf Wachstum ausgelegt, das dann unvermeidlich an eben diese Grenzen stößt? Wie können »Nullwachstum« in Wirtschaft und Gesellschaft erreicht werden, ohne destabilisierende

Bild 1


SIEMENS
Bevölkerung
10
Mrd.
5
1
0.5
0.1
Stufen der menschlichen Entwicklung
Jäger und Sammler 0.1 Pers./km²
Hirte und Viehzüchter 0–5 Pers./km²
Viehzüchter und Ackerbauern 25–50 Pers./km²
Industriegesellschaft 250 Pers./km²
Grenzwert ≈1000 Pers./km²
Pest
0
500
1000
1500
2000
2500
Jahr
Daten: P. C. Putnam, N. Keyfitz
Bevölkerungswachstum Welt

soziale Entwicklungen? Die Bewältigung des Bevölkerungswachstums mit all seinen Auswirkungen ist wohl entscheidend für unsere Zukunft.

Das Insert in Bild 1 zeigt, daß die Menschheit in ihrer Geschichte eine Reihe von grundlegenden Veränderungen ihrer Lebensform durchgemacht hat. Der Übergang von Sammler- und Jägerkultur zur Hirtenkultur und zur Landwirtschaft und weiter zur Industriegesellschaft dieses Jahrhunderts hat jeweils den Lebensstil des einzelnen, die Organisation der Gemeinschaft, die Wirtschaftsform und den Stellenwert der »Natur« entscheidend verändert. Jeder Schritt hat eine beträchtliche Erweiterung des Lebensraumes mit sich gebracht. Können wir auf der anderen Seite nicht auf ein weiteres Wachstum der Grenzen hoffen?

Spätestens hier wird die Rolle der Kernenergie sichtbar. Sie spielt in der emotional begründeten Kultur- und Zivilisationskritik aber eine Stellvertreterrolle. Es wird über Kernenergie diskutiert, aber Kritik an der Gesellschaft und am Wachstum geübt. Kernenergie ist das Symbol der Zentralisierung von Technik und Gesellschaft und damit das Symbol für die Zentralisierung der Macht. Sie wird in dieser Diskussion als die Technik mit hohem Gefährdungspotential für die Gesellschaft und den Frieden gesehen. Atomstaat und Proliferation sind Synonyme dafür.

Letztendlich wird die Kernenergie verteufelt, da sie unser einziges Mittel ist, wirtschaftliches Wachstum aufrechtzuerhalten. Nach Illich(2), der vehement gegen den technischen Fortschritt kämpft, haben wir in der westlichen Welt einen Kulminationspunkt erreicht, wo jenseits dieses Punktes jede Erhöhung der Quantität die Lebensqualität schmälert. Dies gilt seiner Meinung nach für alle Lebensbereiche, sei es Medizin, Schule oder Energie. Der Umkehrschluß lautet deshalb: Wenn wir mehr Lebensqualität haben wollen, müssen wir in der Quantität zurückgehen: »Es geht hier nicht darum, daß etwa Energieproduktion durch Kernkraftwerke gefährlich ist,

Krebs erzeugt und anderes. Es geht um mehr: Es wäre die große Katastrophe, wenn wir eine ganz saubere, billige, bereits zur Verfügung stehende Energie hätten. Hätten wir beliebig viel Energie, könnten wir die Zivilisationsmaschine immer schneller laufen lassen und das wäre die wirkliche Katastrophe«.(3)

In einer Welt, in der der Wert materiellen Wachstums zutiefst bezweifelt wird, hat die Kernenergie demnach keinen Platz. Sie ist Mittel zu weiterem wirtschaftlichem Wachstum und wird damit als Mittel zur weiteren Zerstörung der natürlichen und sozialen Umwelt gesehen. Sie führt zu einer Zunahme der Bedürfnisse, die unsere Abhängigkeit vom Konsum noch größer werden läßt. Mit der Entwicklung der Kernenergie ist es dem Süchtigen gleichsam gelungen, in die Schnapsbrennerei einzuheiraten.

In dieser Debatte, die nur scheinbar um bestimmte Technologien kreist, steht noch viel Unvereinbares nebeneinander. Technokratische und antitechnokratische Modelle, Wachstumsstopp und keine Begrenzung des Wachstums, Wunsch nach mehr individueller Freiheit und Suche nach sozialer Geborgenheit, Weltuntergangsstimmung und der Blick zu neuen Zielen, der Rückzug ins Private und der Aufbruch ins Politische, das alles verläuft parallel. Der überlieferte Fortschrittsbegriff wird entkleidet. Glück, brüderliche Gesellschaft, schöpferische Arbeitslosigkeit, unbeschädigte Natur treten an seine Stelle – Worte sind zu hören, die nicht präzise eine andere Zukunft beschreiben, aber die Sehnsucht danach. Eine Entmythologisierung der Technik war geplant, es wachsen aber neue Mythen über sozial verträgliche Technologien. Dies alles macht die Debatte so zwingend notwendig oder auch anfällig gegen die, die sich ihrer Sache gewiß sind. Wer in dieser Diskussion abseits steht, hat keinen Einfluß auf unser zukünftiges Fahrtziel. Und es sind die Techniker, die bis jetzt weitgehend im Abseits standen.

Die extrem schwarzweiß malende »soft-hard«-Debatte ist wohl am besten geeignet, die prinzipiellen Unterschiede in der gesellschaftspolitischen und energiepolitischen Zielsetzung aufzuzeigen. Sowohl Dennis Meadows, Mitautor der Club-of-Rome-Studie »Limits to Growth« (4) als auch Amory B. Lovins »Friends of the Earth« (5) können als Exponenten eines »sanften Energieweges« betrachtet werden. Ihre gleichzeitige Anwesenheit im IIASA-Energie-Programm war der Ausgangspunkt zur Klärung der unterschiedlichen Standpunkte. Die Ergebnisse mehrerer intensiver Diskussionen zwischen Mitgliedern des IIASA-Energie-Programms und D. Meadows und A. B. Lovins sind in Tabelle 1 einander gegenübergestellt.(6)

Das IIASA-Energie-Programm trifft die Feststellung, daß – verglichen mit dem möglichen Energiebedarf – eine Reihe von unbegrenzten Energieoptionen besteht, deren Entwicklung praktisch alle Energie-, Rohmaterial- und Umweltprobleme beseitigt. Die technologischen Probleme sollten dabei, so weit wie möglich, von den soziopolitischen Aspekten getrennt werden. Erst die so gewonnenen Ergebnisse sind der beste Ausgangspunkt für Politiker und Entscheidungsträger, die technischen und wirtschaftlichen Vorzüge einer hochtechnisierten Welt gegen die sozialen Probleme abzuwägen. Eine verantwortungsbewußte Planung sollte von einer ereignisfreien Entwicklung der Weltbevölkerung ausgehen und versuchen, über verstärktes Wirtschaftswachstum der Entwicklungsländer das Nord-Süd-Gefälle auszugleichen. Ein Anstieg des Pro-Kopf-Energieverbrauchs ist die zwingende Folge. Die Deckung des stark ansteigenden Energiebedarfs ist nur im Rahmen von globalen Strukturen möglich. Die zukünftigen Energiesysteme werden sich hauptsächlich auf Kohle, Kernenergie und Sonnenenergie abstützen. Auch die notwendige Robustheit und Flexibilität (Resilience) der Energiesysteme

Tabelle 1

SIEMENS

IIASA Energie-Programm		D. MEADOWS	A. LOVINS
Bevölkerung	12×10^9		$6-8 \times 10^9$
Energieverbrauch	5 kW/Kopf		2,5 kW/Kopf
● Überraschungsfreie Entwicklung		● Vorprogrammierte Kathastrophe	● Soziale Grenzen: komplex, unverständlich, entwürdigend, Konzentration der Macht
● Globale Strukturen (Politik, Handel, Energie)		● Kein weiteres Wachstum	

Globale Energiesysteme	Soft-Techniken
● Kohle, Kernenergie, Sonne	● Mannigfaltig, regenerativ, einfach, verständlich, angepaßt (Größe, Qualität)
● Global »resilient« (Netz-Charakter)	● Lokal und regional »resilient«, weniger verwundbar (sozial, politisch, militärisch)
● Wirtschaftliche, technische Kriterien	● Nicht-wirtschaftliche, nicht-technische Kriterien
● Hard **und** Soft!	● Hard **oder** Soft!

Perspektiven der hard-soft Debatte

weist auf internationale Zusammenarbeit und Handelsbeziehungen hin. Solche Systeme haben Netzcharakter und die Fähigkeit, unvorhergesehene Ausfälle zu kompensieren.

Nach Meadows wird die Tragfähigkeit der Erde weiter abnehmen. Aufgrund der begrenzten Ressourcen wird die Weltbevölkerung nicht mehr sehr stark steigen und mit nahezu dem jetzigen Pro-Kopf-Energieverbrauch auskommen. Der weltweite Energieeinsatz wird sich deshalb höchstens verdoppeln.

Die von Meadows gesehenen natürlichen Grenzen, an die die stark gestiegene Weltbevölkerung und die großen, zentralen Energiesysteme gestoßen sind, wird durch die Wahrnehmung sozialer Grenzen von Lovins ergänzt. Die kulturell und gesellschaftlich begründete Diskussion wird auf der Suche nach den »richtigen«, sozialverträglichen und ökologischen Technologien auf die technische Ebene verlagert. Nach Lovins' Alternativvorstellungen soll die Gesellschaftsstruktur in entscheidender Weise durch den fortschreitenden Einsatz »sanfter« Technologien mitbestimmt werden: »Sie beruhen auf erneuerbaren Energieströmen, die immer vorhanden sind, ob wir von ihnen Gebrauch machen oder nicht, wie die Sonne, der Wind und die Vegetation: Also auf Energieeinkommen und nicht auf Energiekapital, das erschöpft werden kann.« Diese sanften Energietechnologien sind von hohem Wirkungsgrad, endverbrauchsorientiert, wenig verwundbar und höchst flexibel auf lokaler Ebene, bauen auf verhältnismäßig »niedere« Technologien auf, sind dezentralisiert, verwenden den Energieträger Elektrizität nur wenn erforderlich und verzichten auf Kernspaltung. Es kommt dabei hauptsächlich auf die Struktur des Energiesystems an. Zum Beispiel die Nutzung der Sonne in großen zentralen Anlagen erfüllt die gesellschaftspolitischen Kriterien nicht.

Der »sanfte« Energieweg steht nach Lovins im Gegensatz zum gegenwärtigen »harten« Energieweg, der sich auf die rapide Ausdehnung von Großtechnologien verläßt wie z. B.

Kohle, Kernenergie und Stromerzeugung. Beide Wege schließen sich gegenseitig aus, nicht aus technischen, sondern aus kulturellen Gründen. Jeder Weg bringt eine Entwicklung von Werten und Wertvorstellungen mit sich, die einander gegenläufig sind. Neu auftauchende Werte wie Teilnahme, Sparsamkeit, Selbstverwirklichung, Nachbarschaftlichkeit usw. begleiten den »sanften« Weg.

Auch das von Eppler ausgearbeitete Alternativszenarium zur Energiepolitik für die Bundesrepublik Deutschland (7) weist in dieselbe Richtung. Wie bei Lovins wird in Kategorien der Ausschließlichkeit gedacht. Bei Lovins ist es »hard« contra »soft« und bei Eppler »Energieversorgung« contra »Energiedienstleistung«. Bei beiden werden nur die negativen ökologischen und sozialen Auswirkungen einer hochtechnisierten Welt gesehen. Soziale Kriterien wie Akzeptanz, Selbst- und Mitbestimmung sind die Bewertungsmaßstäbe für Energiesysteme. Einfache, überschaubare und abgeschlossene Systeme werden gefordert.

Eppler will durch politische Zielsetzung und politische Eingriffe in Richtung Energiesparen Richtmarken setzen und zwar gegen die Energieversorgung. Gemeint ist nicht so sehr die Technik der Energieversorgung, sondern vielmehr die Konsumhaltung der Gesellschaft, die dahinter steht. Auch sein Szenario ist eindeutig gegen Kernenergie und Strom gerichtet, denen unterstellt wird, daß sie zu einer fehlenden Sozialverträglichkeit des Versorgungssystems führen. Durch Verzicht auf weiteren Ausbau der Kernenergie und starker Betonung des Energiesparens sollen die Menschen zum haushälterischen Umgang mit der Natur erzogen werden. Verknappung von Energie soll Veränderungen im Bewußtsein bewirken. Verzicht auf weiteres Wachstum ist kulturell und ethisch ein Gewinn.

4 Dezentrale Energieversorgung

Die dezentrale Energieversorgung ist also das Kernstück der gesellschaftspolitisch motivierten Energiestrategien. Bei Verfolgung eines »sanften« Energieweges wird von Lovins das Paradies auf Erden versprochen(8): Arbeitsplätze für Arbeitslose, Kapital für Geschäftsleute, Umweltschutz für Umweltschützer, größere nationale Sicherheit für das Militär, Innovation für kleine Unternehmen, Recycling für große Unternehmen, faszinierende Techniken für weltlich Orientierte, Wiedergeburt spiritueller Werte für die Religiösen, alte Werte für die Alten, neue Werte für die Jungen, Ordnung und Gleichheit der Welt für die Globalisten, Energieunabhängigkeit für die Isolationisten, Länderrechte für Konservative, Bürgerrechte für Liberale. Steht aber gerade die – bei Lovins explizit postulierte und den anderen, gesellschaftspolitisch orientierten Energiestrategien implizit innewohnende – Ausschließlichkeit dem nicht entgegen? Hat die Einengung der möglichen Entwicklungsvielfalt auf einen Punkt nicht soziale Rückwirkungen, die den Ausgangspunkt ins Gegenteil verkehren? Ist das gesellschaftspolitische Potenial einer dezentralen Energieversorgung, basierend auf regenerative Energien, im Einklang mit dem technisch-wirtschaftlichem Potential?

4.1 Potential der regenerativen Energien

In Tabelle 2 ist versucht worden, das prinzipiell erreichbare technische Potential der regenerativen Energien abzuschätzen. Einschränkungen ergeben sich nicht nur durch die Wirtschaftlichkeit, sondern auch durch politische und persönliche Zielsetzungen in Richtung Naturschutz: Maximale Nutzung regenerativer Energien und der Wunsch nach einer unberührten und natürlichen Umwelt sind weitgehend unvereinbar.

Aus Tabelle 2 ist zu entnehmen, daß das Potential der regenerativen Energien, wie Sonne, Wind, Wasserkraft und Vege-

Tabelle 2

Kraftwerk Union

Energiequelle	Theor. phys. Potential TWh/a	Theor. techn. Potential TWh/a	Wirtschaftl. Potential im Jahr 2000 TWh/a	% Primär-E.	Landbedarf für Theor.techn.Potential km^2
Sonnenkollektoren	$2{,}5 \times 10^5$	250	50	2.0	1000 (Ein-u.Zweifam.-H. Gewerbebetr.)
Solarzellen	$2{,}5 \times 10^5$	100	0	0	1000 (Ein-u.Zweifam.-H. Gewerbebetr.)
Umgebungswärme	beliebig	450	96	2.0	10000 (Wärmet. Erdr.)
Windenergie	$1{,}5 \times 10^3$	220	20	1.2	7500 (Nordseeküste)
Laufwasserenergie	100	23	23	1,4	-
Geothermische Energie:	6×10^5				250 000 (Fl.der BRD)
● Heißwasser		100	5	0,2	~1000 (Oberrheingr.)
● heißes Gestein		300	0,6	0.02	250 (0.1% d.Fl.d.BRD)
Wellenenergie	30	15	0	0	(250 km Nordseek.)
Gezeitenenergie	17	4	0	0	250 (Nordseeküste)
Vegetationsenergie:	860				250 000 (Fl.d.BRD)
● Wald	395	40	13	0.4	72 000 (Waldfläche)
● Zuckerrüben (Alkohol)	255	5	0.5	0	4 200 (Zuckerrübenfl.)
● Landwirtsch. Abfälle (Stroh)	45	14	4	0.1	53 000 (Getreidefl.)
● organ. Abfälle (Biogas)	80	40	2	0.1	30 000 (Weidefl.)
● Haus- u.Sperrmüll	92	65	26	0.8	-
Summe	-	1626	240.1	8.2	-

Primärenergieverbrauch 2000: 4880 TWh/a (600 Mio t SKE/a)

Potentiale regenerativer Energien, Bundesrepublik Deutschland

E 791133 a

tationsenergie, begrenzt ist. Das theoretische physikalische Potential ist zwar groß – allein die Sonneneinstrahlung auf die Fläche der Bundesrepublik entspricht fast dem Hundertfachen des anthropogenen Energieverbrauchs –, aber schon das theoretisch technische Potential würde nicht ausreichen, unseren jetzigen Energiebedarf von ca. 3250 TWh/a[1] zu decken.

1 1 TWh ≙ 0,123 Mio t SKE ≙ 3,6 PJ (P = Peta = 10^{15})

Addiert man alle bis zum Jahr 2000 für wirtschaftlich gehaltenen Maßnahmen zusammen, könnten etwa 8% des Primärenergieverbrauchs im Jahr 2000 durch regenerative Energien gedeckt werden; realistisch wird angenommen, daß es höchstens 5% sind.

Beim »sanften« Energieweg, bei dem ja die Nutzung der regenerativen Energien nur in kleinen, dezentralen Einheiten erlaubt ist, wird auch langfristig dieses Potential weiter eingeschränkt. Bei Verzicht auf Ausgleich durch Energietransport wird das Manko der regenerativen Energien – das unregelmäßige Angebot – noch potenziert, und günstige Standorte werden nicht optimal genutzt.

4.2 Potential der rationellen Energieverwendung

Bei den Alternativszenarien sollen politische Zielsetzungen erreicht werden und zwar gegen Kernenergie, Strom und Großtechnologie. Die Welt soll schöner, überschaubarer werden und dem einzelnen größere Partizipation gewähren. Durch Sparsamkeit und Konsumenthaltung sind neue Tugenden zu wecken. Die Wahrnehmung der begrenzten Ressourcen tut ein übriges, Energiesparen zum wichtigsten Potential einer gesellschaftspolitisch motivierten Energiestrategie zu machen. Es nimmt einen Stellenwert ein, der weit über sein technisches Potential hinausgeht. Wie stark das Potential der rationellen Energieverwendung politischen Zielsetzungen unterworfen ist, zeigt die Sequenz der folgenden Studien.

Eine Schlüsselstellung in der Diskussion um rationelle Energieverwendung kommt der Leach-Studie »A Low Energy Strategy for the United Kingdom« (9) zu. Es ist eine sektorale Analyse des Endenergiebedarfs in einem relativ großen Detailierungsgrad, die bis zum Jahr 2025 fortgeschrieben wird. Danach kann sich der Pro-Kopf-Verbrauch für England – selbstverständlich bei gleichzeitigem Wirtschaftswachstum und Komfortsteigerung – in etwa auf den heutigen Stand von

5,2 kW[1] pro Kopf halten: 4,6 kW beim niedrigen Szenario und 5,4 kW beim hohen. Die Kernenergie wird durch einen bescheidenen Ausbau als Option offengehalten, der Stromeinsatz aber so weit wie möglich zurückgedrängt. Öl und Gas aus der Nordsee und die heimische Kohle sollen ausschließlich nationalen Zwecken dienen, um die Bedarfsdeckung bis zum Jahr 2025 aufrechtzuerhalten. Langzeiteffekte, wie die Substitution der fossilen Energieträger nach 2025, werden kaum angedacht. Der Import von Alkohol aus Biomasse aus den tropischen Regionen ist nach heutiger Kenntnis keine ernstzunehmende Option.

Ähnlich ist eine Studie für die Bundesrepublik aus dem ÖKO-Institut, Freiburg, angelegt(10), die in leichten Variationen von Eppler und Bossel vertreten wird. Es wird dort der Nachweis versucht, daß die Energienachfrage bis zum Jahre 2030 auf etwa die Hälfte des heutigen Wertes gesenkt werden kann, und zwar von derzeit 6,1 kW pro Kopf auf 3,5 kW, trotz Wirtschaftswachstum und hohem Komfortzuwachs. Die Aussage ist, daß kurzfristig sofort auf Kernenergie und längerfristig auch auf Erdöl und Erdgas verzichtet werden kann. Die Bedarfsdeckung geschieht durch Kohle, Biomasse, Solarenergie, Wind- und Wasserkraft. Um dieses Ziel zu erreichen, muß angenommen werden, daß die Stromnachfrage drastisch sinkt, die energieintensive Grundstoffgüterindustrie keine Wachstumsimpulse erhält und die Wohnbevölkerung von derzeit etwa 60 Mio auf 45 Mio im Jahr 2030 abnimmt.

Beim »sanften« Energieweg ist die Energiesparschraube noch einmal kräftig anzuziehen: Es sind langfristig nur noch regenerative Energien, deren Umwandlung in kleinen dezentralen Einheiten zu erfolgen hat, zugelassen. Lovins z. B. nimmt an, daß der Energieeinsatz in den Industrieländern ohne materiellen Verzicht um den Faktor 3 bis 4 gegenüber

1 Energie wird in diesem Zusammenhang oft als mittlere Leistung gegeben: 1 kW = 1 kWa/a ≙ 1,1 t SKE/a ≙ 31,58 GJ/a

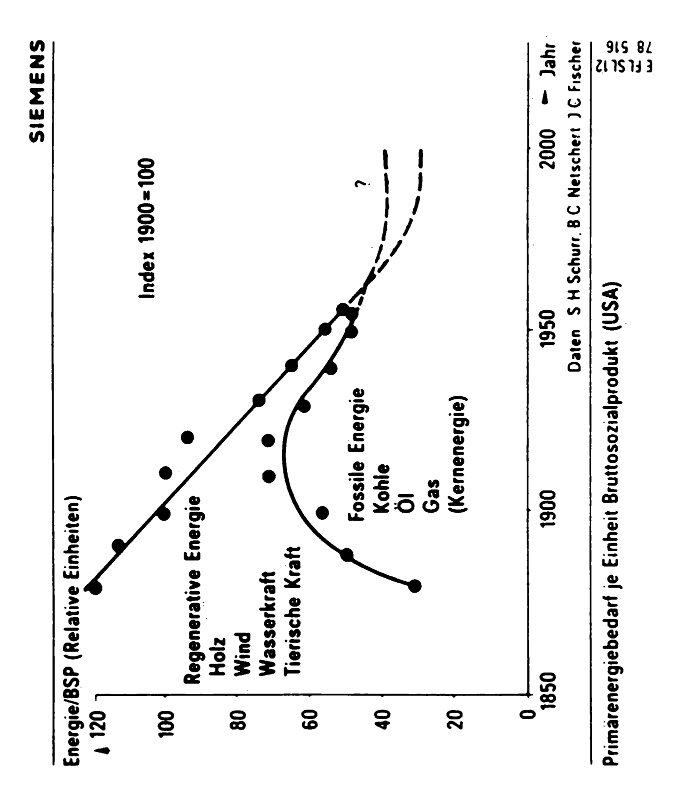
heute gesenkt werden kann. Es wird dabei unterstellt, daß rationelle Energieverwendung prinzipiell billiger, schneller, sicherer und von dauerhaftem Nutzen sei. Eine Absenkung des heutigen Pro-Kopf-Primärenergieverbrauchs in den Industrieländern auf weniger als 1 kW bei gleichzeitig steigendem Lebensstandard wird für möglich gehalten(11).

Alle diese Studien sind erstaunlich technokratisch angelegt. Es sind keine energiewirtschaftlichen, sondern ausgesprochen »physikalische« Modelle: Die Wirtschaftlichkeit einzelner Maßnahmen wird unterstellt, aber nicht tiefergehend nachgewiesen. Makroökonomische Effekte, wie die Auswirkungen bei den notwendigen Umverteilungen der Investitionen und die Beschäftigten, Rückwirkungen auf das reale Einkommen, den Export, die Handelsbilanz usw. werden nicht diskutiert. Die eigentliche Zielsetzung ist nicht die Substitution von Öl und Gas, sondern vielmehr der Verzicht auf Kernenergie und, wegen des überzogenen und einseitigen Wirkungsgraddenkens, die maximale Zurückdrängung des Stromeinsatzes. Es ist aber mehr als fraglich, ob die postulierten Trends hohes Wirtschaftswachstum, zurückgehender Energiebedarf, reichliches Energieangebot und hohe Energiepreise alle gleichzeitig bestehen können und eine Gesellschaft mit pluralistischen Einzelinteressen auf das eine gemeinsame Ziel maximaler Energieeinsparung ausgerichtet werden kann.

Quantitative Aussagen über das Potential der rationellen Energieanwendung zu machen, ist nur schwer möglich. Es hängt entscheidend von den politischen Zielsetzungen, der Verfügbarkeit von Öl und der Entwicklung der Energiepreise ab. Es ist aber wichtig festzustellen, daß Energiesparen keine Neuentdeckung unserer Tage ist, sondern ein von Anfang an permanent ablaufender Prozeß. Weiteres Energiesparen ist in allen Sektoren möglich. Zukünftige Schwerpunkte liegen vor allem im Haushalts- und Verkehrssektor. Die Zielsetzung muß in erster Linie die Substitution von Öl und Gas sein.

Bild 2 verdeutlicht am Beispiel der Vereinigten Staaten, daß

Bild 2



in den Industrieländern permanent eine Umorganisation der Wirtschaft zu größerer Effektivität stattgefunden hat und auch noch weiter stattfinden wird. Wichtig ist, daß bei dieser Betrachtung alle Energien, sowohl fossile als auch regenerative und der Einsatz der tierischen Arbeitskraft, berücksichtigt werden. Betrachtet man dagegen nur die fossilen Energien, ist ihr spezifischer Einsatz mit beginnender Industrialisierung angestiegen, und erst in einer Art nachindustrieller Phase ist

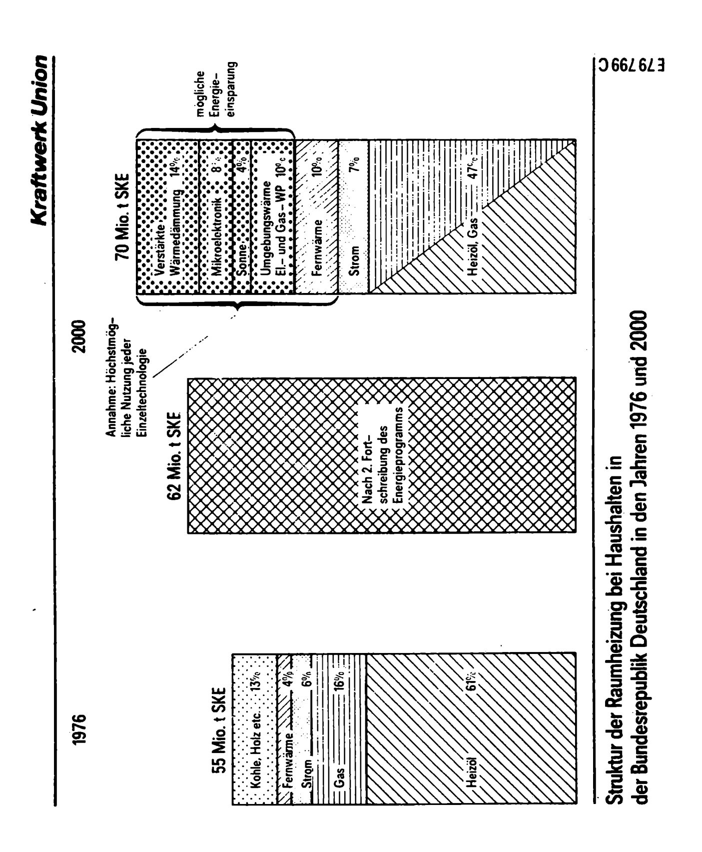
ein Abfall zu erwarten. Bild 2 läßt mit dem Abflachen der Kurve auch deutlich werden, daß einer immer steigenden Effizienz Grenzen gesetzt sind. Als gegenläufige Effekte einer Effizienzverbesserung sind zu erkennen: Mehreinsatz von Energie für die notwendige Kohlevergasung und Kohleverflüssigung, Umweltschutzmaßnahmen, Abbau von Rohstoffen aus Lagerstätten niedriger Konzentration oder auch verstärkter Kunstdüngereinsatz zur Ertragssteigerung.

Während in den Industrieländern in Zukunft eine gewisse Entkopplung zwischen Energieeinsatz und Wertschöpfung (Bruttosozialprodukt) zu erwarten ist, stehen die Entwicklungsländer erst am Beginn der Industrialisierung. Für sie ist auf absehbare Zeit mit einem Mehr an kommerziellem Energieeinsatz, gemessen am Bruttosozialprodukt, zu rechnen, wie das Beispiel der USA in Bild 2 zeigt: Der Ersatz von nichtkommerzieller Energie, der Aufbau der gesamten industriellen Infrastruktur einschließlich der Grundgüterindustrie, der Prozeß fortschreitender Verstädterung und die Mechanisierung der Landwirtschaft werden ihren Energiebedarf stärker anwachsen lassen.

In der Industrie ist Energie als Kostenfaktor schon immer optimiert worden. Energieintensive Prozesse, wie z. B. Elektrizitätserzeugung, Stahl- und Ammoniakproduktion, aber auch Beleuchtung, haben bereits Wirkungsgrade von 30 bis 50% des theoretisch möglichen erreicht. Das nächste Kilowatt wird deshalb zunehmend langsamer und nur mit erheblich größerem Aufwand einzusparen sein. Es sollte darauf hingewiesen werden, daß das hohe Niveau rationeller Energieverwendung in der Industrie im Spiel der freien Marktkräfte erreicht worden ist.

Im Haushaltssektor, speziell bei der Raumheizung, ist das Potential rationeller Energieverwendung wesentlich größer (Bild 3). Bei der Addition aller technisch möglich erscheinenden Maßnahmen können durch den Einsatz regenerativer Energiequelllen und der rationellen Energieverwendung

Bild 3



Struktur der Raumheizung bei Haushalten in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1976 und 2000

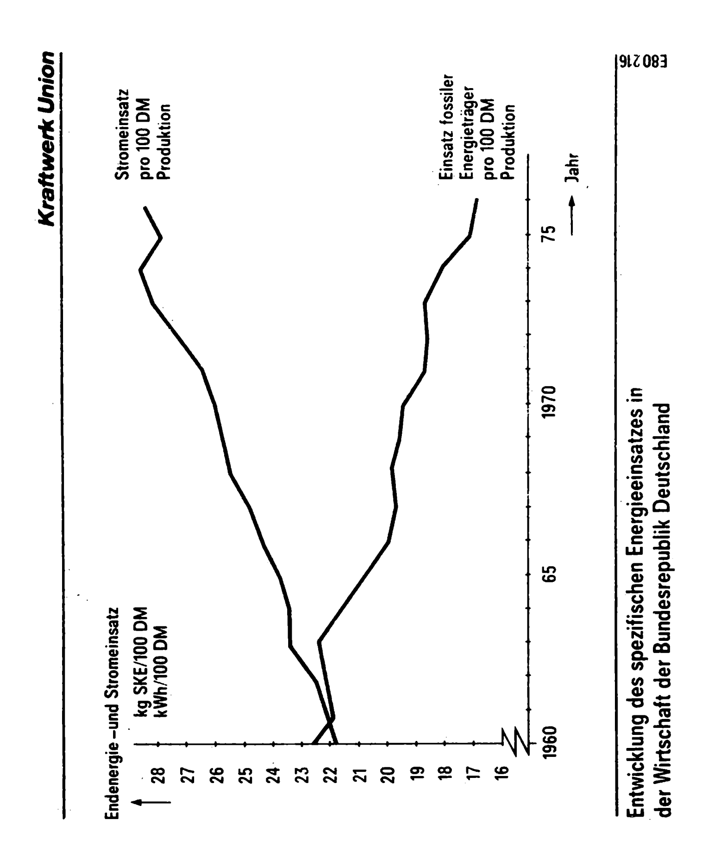
erhebliche Mengen, und zwar hauptsächlich an Mineralöl ersetzt werden. Die gleichzeitige Einführung aller Einzelmaßnahmen in voller Tiefe bis zum Jahr 2000 ist aber unwahrscheinlich. Die sich an gesamtwirtschaftliche Trends anlehnende Zweite Fortschreibung des Energieprogramms (12) kommt deshalb auch zu wesentlich geringeren Werten. Trotz-

dem wird ein wesentlicher Punkt rationeller Energieverwendung, mit dem Ziel Öl und Gas zu substituieren, deutlich sichtbar: Der notwendige Mehreinsatz an elektrischer Energie, und zwar nicht nur für die Wärmepumpe, sondern auch für alle Steuer- und Regeleinrichtungen sowie Hilfsantriebe, die beim Einsatz regenerativer Energien und der rationellen Energieverwendung notwendig sind. Auch eine weitere verstärkte Wärmedämmung mit Zwangsentlüftung ist ohne elektrische Lüfter nicht möglich.

Die Beobachtung, daß Energiesparen ein Mehr an Strom erfordert, läßt sich generalisieren. Bereits in der Vergangenheit ist festzustellen, daß ein sinkender spezifischer Einsatz fossiler Energien, bezogen auf die Bruttowertschöpfung, zu einer Zunahme des spezifischen Stromeinsatzes geführt hat (Bild 4). Das zeigt, daß gerade aufgrund eines verstärkten Stromeinsatzes der spezifische fossile Endenergieverbrauch sinken konnte, weil Strom in den Endverbraucherbereichen den höchsten Nutzungsgrad besitzt. Strom ist universell für alle Dienstleistungen wie Wärme, Licht, Kraft, Information und gezielt einsetzbar. Er kann genau und leicht gemessen, gesteuert und geregelt werden. Es ist deshalb auch in Zukunft bei rationeller Energieverwendung und beim Einsatz regenerativer Energiequellen mit einem Mehr an Elektrizität zu rechnen.

Verstärkte Systemflexibilität wird angesichts der zu erwartenden Versorgungskrisen entscheidend für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung sein. Das Energieangebot knapp zu halten in einer Energiestrategie, z. B. durch eine zu geringe Kraftwerkskapazität, beseitigt diese Flexibilität. Was passiert, wenn ein Teil der Öllieferungen kurzfristig ausfällt und der Verbraucher das fehlende Öl durch die Steckdose substituiert? Oder: Rationelle Energieverwendung und der Einsatz regenerativer Energien sind äußerst materialintensiv. Was ist, wenn die Grundstoffgüterindustrie aufgrund ihres mangelnden Ausbaus oder knapper Energie nicht in der Lage ist, diese Mate-

Bild 4



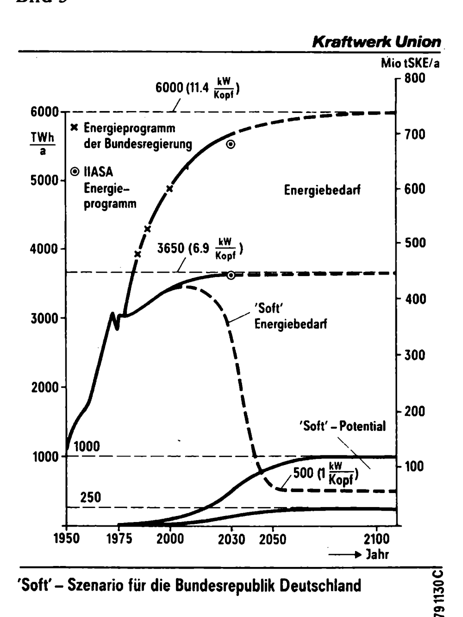
Entwicklung des spezifischen Energieeinsatzes in der Wirtschaft der Bundesrepublik Deutschland

rialien in ausreichendem Umfang bereitzustellen? Eine einseitige Strategie rationeller Energieverwendung kann ganz schnell in eine Politik rationierter Energiezuteilung umschlagen. Wie sieht es dann mit dem Freiheitsspielraum aus? Wer ist dann für die wirtschaftlichen und sozialen Erschütterungen verantwortlich?

4.3 »Soft«-Szenario

In dem in Bild 5 dargestellten Szenario sind die zeitlichen Entwicklungen des Energiebedarfs und das »sanfte« Potential der regenerativen Energien in einer dezentralen Energieversorgungsstruktur gegenübergestellt. Für den Energiebedarf werden zwei langfristige Grenzwerte angenommen. Die obere Grenze entspricht einer evolutionären Entwicklung der Energiewirtschaft unter der Devise »weg von Öl und Gas«. Die untere Grenze ist stärker durch eine disharmonische Wirtschaftsentwicklung gekennzeichnet. Die sich ergebenden Bandbreiten des zukünftigen Energiebedarfs decken sich mit diversen Studien (12, 13, 14). Die dritte Kurve zeigt, wie stark

Bild 5



'Soft' – Szenario für die Bundesrepublik Deutschland

der Energieeinsatz bei einem »sanften« Energieweg gedrosselt werden müßte.

In dem Szenario »hohes Wirtschaftswachstum« ist langfristig ein Grenzwert des Energiebedarfs von 6000 TWh/a (≙ 740 Mio t SKE/a) angenommen, welches einem Pro-Kopf-Verbrauch von 11,4 kW bei 60 Mio Wohnbevölkerung entspricht. Nach demographischen Prognosen dürfte zwar die deutsche Bevölkerung langfristig zurückgehen, kann aber eventuell durch die Möglichkeit freier Arbeitsplatzwahl innerhalb der EG kompensiert werden. Das Szenario ist gekennzeichnet durch zunehmende Arbeitsteilung in einer funktionsfähigen Marktwirtschaft, in der die Nachfrage durch Investitionen, Konsum in der wachsenden Freizeit und ungebrochene Nachfrage des Auslandes nach neuen Qualitätsprodukten kontinuierlich zunimmt.

Auch die Umstrukturierung des Energiesystems zu kapitalintensiven Technologien erfordert dieses Wirtschaftswachstum. Die dazu erforderlichen Investitionen müssen erwirtschaftet werden und der verstärkte Energiebedarf führt zu höheren Energiepreisen und gibt damit den Anreiz zur weiteren rationellen Energieverwendung. Die Wirtschaftsstruktur bleibt somit anpassungsfähig, neue Spitzentechnologien werden eingeführt, neue Arbeitsplätze werden geschaffen und die Arbeitslosigkeit läßt nach. Bei diesem Szenario ist in der Anfangsphase mit einem steigenden Energiebedarf zu rechnen, der sich später jedoch stabilisieren wird und langfristig konstant bleibt.

In dem Szenario »niedriges Wirtschaftswachstum« steigt der Energiebedarf kaum noch an (3650 TWh/a ≙ 450 Mio t SKE/a, Pro-Kopf-Verbrauch 6,9 kW). Dieses Szenario ist durch eine funktionsgestörte Marktwirtschaft gekennzeichnet, die Konsumgüter- und Investitionsnachfrage entwickelt sich unzureichend, Ausfuhren müssen subventioniert und Einfuhren von Fertigprodukten gebremst werden. Es besteht die Gefahr, daß der Staat zu nicht marktgerechten

Eingriffen gezwungen ist. Die Anpassungsfähigkeit der Wirtschaft, der Ausbau rationeller Energieverwendung und die Umstrukturierung der Energiewirtschaft auf neue Energiequellen wird verschlechtert. Abbau von Arbeitsplätzen und hohe Arbeitslosigkeit sind die Folgen.

Das gesamte theoretisch technische Potential der regenerativen Energien beträgt nach Tabelle 2 etwa 1600 TWh/a, was in etwa einem Substitutionspotential von 3000 TWh/a an Primärenergie entspräche. Nimmt man sehr optimistisch an, daß dieses Potential durch die Forderung nach dezentraler Nutzung nur um den Faktor 2 verkleinert wird und etwa ⅓ davon aufgrund politischer Zielvorstellungen langfristig auch genutzt werden kann, ergibt sich ein Wert von etwa 500 TWh/a. Dies würde bei einer Wohnbevölkerung von 57 Mio exakt einem Pro-Kopf-Verbrauch von 1 kW ergeben. Indirekt werden diese Abschätzungen durch Lovins bestätigt, der ja dieses Sparziel auf einem »sanften« Energieweg für möglich hält. Die in Bild 5 angenommene Bandbreite von 250 bis 1000 TWh/a soll der Unsicherheit in dieser Abschätzung Rechnung tragen. Außerdem sind mit 30 Jahren kürzere Markteinführungszeiten unterstellt worden, als sie in der Vergangenheit mit 50 bis 100 Jahren für die konventionellen Energieträger Holz, Kohle, Öl und Gas zu beobachten waren, bis der Marktanteil von 1 auf 50% gestiegen ist.

Trotz der wenig realistischen Annahmen über die minimale Bedarfsentwicklung und das maximale Potential an regenerativen Energien, deren wirtschaftliche, ökologische und politische Auswirkungen noch nicht abzuschätzen sind, klafft zwischen Nachfrage und Angebot eine erhebliche Energielücke. Die regenerativen Energien können aufgrund unserer jetzigen Erfahrungen selbst bei maximaler technischer Ausschöpfung nur als additive, nicht aber als alternative Energien zu den konventionellen Energieträgern Mineralöl, Kohle, Erdgas und Uran betrachtet werden.

Das Bild soll nicht ausschließen, daß in dem sehr langen

Betrachtungszeitraum eine Senkung des Energiebedarfs möglich ist. Eine Politik der bewußten Energieverknappung, in der Hoffnung auf größere Spareffekte, ist aber ein Spiel mit dem Feuer. Rationelle Energieverwendung muß zwar Ziel einer jeden Energiestrategie sein, ein utopisch hoch erscheinendes Sparziel darf aber nicht zur Voraussetzung für die Durchführbarkeit einer Energiestrategie werden. Damit würde ein Zustand der Verwaltung des Mangels eintreten. Demokratische Grundrechte müßten außer Kraft gesetzt und der Freiheitsspielraum des einzelnen eingeengt werden. Wirtschaftsrezession und Arbeitslosigkeit wären die Folge. Neben den sozialen Störungen wäre auch eine stärkere Zerstörung der natürlichen Umwelt, z. B. durch Waldrodung für Brennholz, zu befürchten. Die auf dem Weltmarkt noch vorhandenen Energien gingen an den Meistbietenden und würden den Schwächeren entzogen werden. Die Eskalation der weltweiten Spannungen wäre damit vorprogrammiert.

Allein der Verdacht, daß diese Auswirkungen einer nicht gesicherten Energieversorgung eintreten könnten, sollte ausreichen, ein solches Szenario abzulehnen.

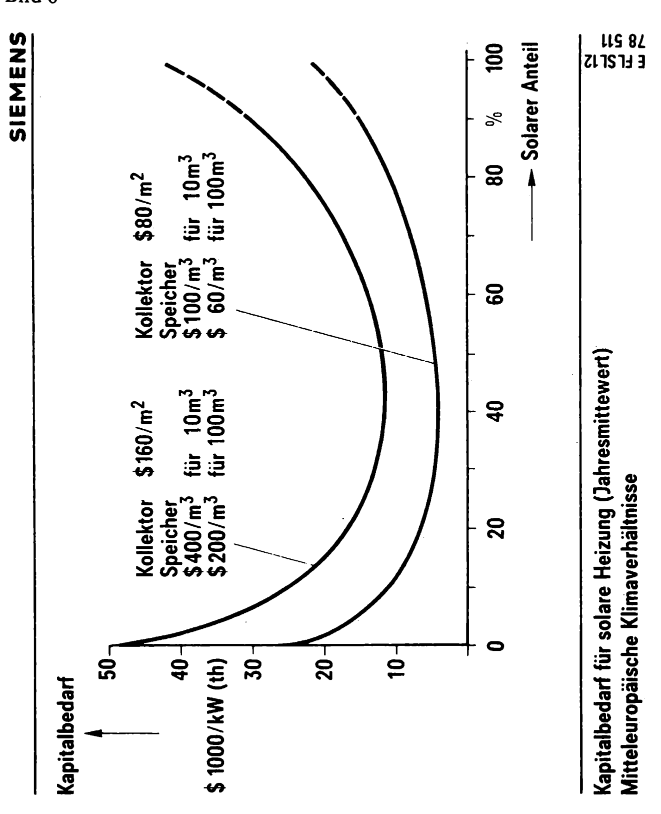
4.4 Kosten

Die Substitution von Erdöl und Erdgas fordert die Entwicklung und den Einsatz aller Energiequellen. Das gilt sowohl für die regenerativen Energien und rationelle Energieverwendung als auch für die Kernenergie und neue Kohleveredelungstechnologien. Es ist deshalb unsinnig und wirtschaftlich auch gar nicht durchführbar, sich gegenseitig ausschließende Lösungen anzustreben. Die Grenzkosten für solche Monolösungen sind beliebig hoch. Das unregelmäßige Angebot der regenerativen Energien, wie Sonne und Wind, erfordert überproportional hohe Kosten für die Speicherung, vor allem, wenn aus gesellschaftlichen und geopolitischen Gründen kleine dezentrale Anlagen im Inselbetrieb arbeiten müssen und der Energieaus-

gleich durch Übertragungseinrichtungen unterbleiben muß. Bei der rationellen Energieverwendung wird das thermodynamische Minimum des Energieeinsatzes sogar nur mit unendlich hohen Kosten erreicht.

Das Bild 6 demonstriert deutlich, was gemeint ist. Es zeigt den prozentualen Anteil der solaren Heizung als Funktion der Kapitalkosten. Der Anteil der Raumwärme, der durch Sonnenenergie eventuell kosteneffektiv gedeckt werden kann,

Bild 6



liegt bei 30 bis 60%. Um das hohe Sonnenangebot im Sommer und den großen Wärmebedarf im Winter zur Deckung zu bringen, ist für höhere Werte ein überproportionaler Anstieg des Speichervolumens und der Kollektorfläche erforderlich. Die »sanfte« Technologie, das 100% geheizte Haus, hat die höchsten Kosten. Noch nicht berücksichtigt ist die notwendige, etwa zehnfach bessere Wärmedämmung, damit es technisch überhaupt realisierbar ist. Die Installationskosten und größere spezifische Kosten für kleine Speicher sind der Grund für den Kostenanstieg bei kleineren solaren Anteilen.

Die optimale Nutzung der Sonnenenergie ist nur mit Hilfe eines Stützensystems auf der Basis zentralisierter Techniken, wie Öl, Gas oder Elektrizität, möglich. Jedes andere »sanfte Energiesystem« würde wiederum unter dem unregelmäßigen Energieangebot leiden und die Unzulänglichkeiten des solaren Systems noch potenzieren. Der einzige leicht speicherbare Energieträger bei einem »sanften« Energieweg wäre Alkohol aus Biomasse. Da er im Potential aber außerordentlich beschränkt ist, sollte er hochwertigen Verwendungszwecken, wie mechanischem Antrieb und Hochtemperatur-Prozeßwärme, vorbehalten bleiben.

Die Wahl einer »sanften« Energiezukunft ist preisbestimmend, nicht preisbestimmt. Das soll nicht sagen, daß die Nutzung regenerativer Energien nicht in Frage kommt. Es soll aber zeigen, daß man nicht beliebig auf regenerative Energiequellen umschalten kann, koste es, was es wolle. Denn nicht nur Energie ist knapp, Geld ist es auch. Der private Haushalt wie auch die Wirtschaft hätten mehr Mittel für Energie aufzuwenden als bei einem optimierten Energie-Mix. Die Vorstellung, man könne die mit einer solchen Politik verbundenen Nachfrage- und Beschäftigungsverluste durch entsprechende Aktivitäten auf dem Gebiet der Energiealternativen und Energieeinsparung wettmachen, übersieht, daß man eine Mark nur einmal ausgeben kann: Nämlich für Energiemehrkosten oder für Energiealternativen.(15)

Die Ursachen für den Bürgerprotest sind vielfältig. Sie spannen einen weiten Bogen von konservativer Technikkritik über Kultur- und Gesellschaftskritik, einschließlich der Ökologiebewegung, bis hin zur nackten Zukunftsangst mit allen komplexen Interdependenzen dazwischen. Zunehmend kanalisiert sich dieser Protest in der Zielsetzung einer neuen Gesellschaft und ihr angepaßter Energiesysteme. Kann die »richtige«, »konviviale«, »sanfte« Technik den »besseren« Menschen schaffen?

Durch diese Fragestellungen ethischer und humanistischer Natur etablieren sich die Alternativdenkenden als neue moralische Kraft. Die Kritik an der auf materielles Wachstum ausgerichteten Wirtschaftsordnung und an der technischen Entwicklung, die weiteres Wachstum erst möglich macht, hat sich bereits zur generellen Frage nach den Grundwerten unseres Handelns ausgeweitet. Es werden das Selbstverständnis des Menschen, sein Verhältnis zur Natur, kurz seine »wahren Bedürfnisse« angesprochen. Energiesparen z. B. steht auf der moralisch »guten« Seite im Gegensatz zu den »bösen« Verschwendern.

Trotz aller Dementis ist nicht zu übersehen, daß Änderungen im Verhalten der Menschen durch eine neue Art von Askese erreicht werden sollen. Das muß auch aus dem Selbstverständnis der »Alternativdenkenden« hervorgehen. Für sie ist die Welt nur zu retten durch Abkehr vom Wachstumsfetischismus und von materiellen Werten und Hinwendung zu neuen geistigen Inhalten. Es muß sozusagen jeder in das Boot einsteigen, denn die Zurückgebliebenen würden die Welt zerstören. Sogar sehr konkrete Aussagen werden gemacht: Nach Wolfgang Harich gehört die Welt dem Kommunismus, da nur er in der Lage sei, das System des unvermeidlichen Nullwachstums durchzusetzen und aufrechtzuerhalten.

Das sind Ansatzpunkte für doktrinäres Denken, für den

vermeintlich gut gemeinten und moralisch gerechtfertigten Zwang zum Umdenken, der auf andere – vielleicht sogar unbewußt – ausgeübt wird. Diese Haltung steht aber im Gegensatz zu den Aspekten der alten Kirche. Sie haben sich zwar der Welt mit einer alternativen Lebensform entgegengestellt, die Mitverantwortung und die Herrschaft haben sie aber nicht beansprucht, sondern verweigert(1). Das unbewältigte Hauptproblem der Alternativen liegt in der Demokratisierung ihrer Zielvorstellungen. Wie können auf Konfrontation ausgelegte Minderheiten demokratische Mehrheiten erhalten?

Bis jetzt hat sich der Protest mehr oder weniger außerparlamentarisch abgespielt. Es wäre zu kurz gegriffen, diesen Protest nur als die übliche Begleiterscheinung beschleunigten technologischen Wandels, wie sie bei der Einführung aller großen technischen Erfindungen zu beobachten war, abzutun. Es mag auch übertrieben sein, von den Vorboten eines »ökologischen Bürgerkrieges« zu sprechen. Aber irgendwo dazwischen spielt sich der Kampf einer Minderheit ab. Damit bestehen aber zwei unvereinbare legitimierende Prinzipien politischen Handelns und Entscheidens nebeneinander: Das Herrschaftsrecht der Mehrheit und der Prioritätsanspruch der Minderheit zur Erhaltung von Leben und Lebensweise gegenüber lebenszerstörenden Modernisierungsprozessen. Wo es um »Leben und Tod« geht, läuft die Mehrheitsregel leer(16).

Hier kommt eine gewaltige Aufgabe auf die Parteien und die von ihnen getragene Demokratie zu, diesen Protest zu integrieren, die Idealvorstellungen in der Mühle der Realpolitik abzuschleifen und die Zukunftsangst glaubhaft abzubauen. Dies kann nur gelingen, wenn der Ausschließlichkeitsanspruch aufgegeben wird. Gelingt dies nicht, driften die Alternativgruppen immer weiter in den außerparlamentarischen Raum ab. Terrorismus wäre die Endstation.

Die andere Gefahr, die in der Bewegung der Alternativen verborgen liegt, ist die der Heilslehre. In dem Teil der Bevölkerung, der durch zunehmenden materiellen Wohlstand nicht

»glücklicher« geworden ist, werden Hoffnungen für eine bessere Zukunft geweckt. Aber bringt die Verdrängung der Technik und die Flucht in Ökologie und Sozialbeziehungen nicht ähnliche Probleme mit sich, wie die einseitige Fixierung auf ökonomische Werte in der Vergangenheit? Manifestiert sich in dieser Verdrängung nicht die Unfähigkeit unserer Kultur, mit unserer eigenen Erfindungskraft vernünftig umzugehen? Wird nicht das eigentliche Problem des »Menschseins« auf vordergründige Problematiken projiziert? Auch auf dem gesellschaftspolitischen Gebiet scheint die von »soft« geforderte Ausschließlichkeit in die Sackgasse zu führen. Der Mensch kann nicht durch Technik, durch Mangel gebessert werden. Keine Technik kann ein Versagen der Vernunft ausgleichen.(17)

5 Konsens

Die Kluft zwischen den verantwortlichen Energieplanern und gesellschaftspolitischen Wunschvorstellungen scheint unüberbrückbar. Die Polarisation und die hinter den gesellschaftspolitischen Energiestrategien stehende Ausschließlichkeit »alles oder nichts«, Verzicht auf Kernenergie und Großtechnologie oder kultureller Untergang, ist die größte Bedrohung für die Zukunft. Dieser Ausschließlichkeitsanspruch muß aufgelöst werden. Das ist eine Forderung an beide Seiten.

Es sind schon lange gesellschaftspolitische Fragen gestellt, aber ausschließlich technische Antworten gegeben worden. Was hilft es, wenn technisch und wirtschaftlich alles bestens optimiert wird, diese Entscheidungen von der Mehrheit aber nicht nachvollzogen und getragen werden können? Die geistige und kulturelle Krise ist durch den rapiden technischen Fortschritt ausgelöst worden, so daß die Betonung weiteren technischen Fortschritts die Gegensätze nur noch vertiefen kann. Die Alternativen als Spinner, Idealisten und weltfremde Utopisten zu bezeichnen, mag zwar auf der technischen Ebene

eine gewisse Berechtigung haben, geht aber an dem Kern der Sache vorbei. Sie fühlen sich dadurch in ihrem Kampf gegen kalte Rationalität, zynische Eliten und unverantwortlichen Raubbau an der Natur bestätigt. Ihr hohes Maß an moralischem Ansehen steigt weiter(1), während das Vertrauen in die Verantwortlichen schwindet.

Man muß sich klarmachen, daß die Kritik nicht gegen die Technik selbst, sondern gegen das System und die Haltung, die dahintersteht, gerichtet ist. In Zukunft werden neben die ingenieurwissenschaftlichen Fragen verstärkt gesellschaftspolitische Fragen treten. Dem Verbraucher muß das Handeln der Verantwortlichen klar und einsichtig sein. Er muß das Gefühl haben, daß seine echten Bedürfnisse mit den betriebswirtschaftlichen Belangen der Unternehmer unter besonderer Berücksichtigung gesellschaftspolitischer und volkswirtschaftlicher Aspekte in Einklang stehen(18). »Wir auf seiten der Wirtschaft haben deshalb die ständige Aufgabe, unsere Vorstellungen, unsere Überlegungen in aller Offenheit darzulegen und die Struktur der Wirtschaft, unser Planen und Handeln einsehbar zu machen.«(19) Technik ist nicht um ihrer selbst willen gefragt, noch darf sie egoistischen Zwecken einzelner dienen, sondern muß zum besten Nutzen für die Gemeinschaft eingesetzt werden. Das sind keine neuen Forderungen, nur glaubhaft muß es wieder gemacht werden. Damit hat sich der Techniker, der Unternehmer auf einem neuen Feld zu bewähren: Offensive Einstellung zur sozialen Verantwortung ist gefragt. Sinngemäß sagt Philip Rosenthal: »Der Unternehmer im Mittelalter brauchte nur ein guter Handwerker zu sein, im Industriezeitalter mußte er zum Überleben auch ein guter Kaufmann werden. Der Unternehmer im nächsten Jahrhundert wird aber nur bestehen können, wenn er auch noch lernt, seinen Platz in der Gesellschaft politisch und sozial zu begründen.« Nur mit dieser Einstellung kann die konträre Sicht einzelner Technologien aufgelöst werden und ihre komplementäre Einbettung in ein Gesamtsystem Erfolg haben.

»Dem, der die Zeichen der Zeit zu lesen versteht, wird immer deutlicher: Wir stehen in der zugigen Transithalle, kurz vor dem Umsteigen in ein neues Zeitalter. Das, aus dem wir kommen, wird das ›wissenschaftlich-technische‹ genannt; es ist gekennzeichnet durch nahezu unbegrenztes Vertrauen in die totale Machbarkeit. Aber – und das ist inzwischen auch den größten Fortschrittsoptimisten klargeworden – das Voranschreiten findet seine Grenzen. Es darf als gesichert gelten, daß das neue Zeitalter kein ungebrochenes Verhältnis zu Wissenschaft und Technik mehr haben wird.«(20)

Wie geht es weiter? Entweder gar nicht oder nur aufgrund intensiver ethischer Reflexion der Technik.(21) Die Technik an sich kann nicht in Frage gestellt werden. Technischer Fortschritt bedeutet Zugewinn von Freiheit und Sicherheit. Technischer Fortschritt ist der Wegbereiter des sozialen Fortschritts. Technik ist menschliches Handeln, und der Technik verdankt der Mensch seine geistesgeschichtliche und biologische Evolution. Es geht in Zukunft wieder darum, den Begriff Technik und technischer Fortschritt mit begreifbaren und akzeptierbaren Inhalten zu erfüllen. Die gesellschaftspolitische Debatte zeigt es ganz deutlich: Es geht um viel mehr als um technische Inhalte, die Unausgefülltheit in der Gegenwart und die Angst vor einer ungewissen Zukunft stehen im Mittelpunkt. Wer das akzeptiert, ist wohl bereit zuzuhören und unter diesen veränderten Randbedingungen zu diskutieren. Nur er hat eine Chance, sein ethisches und politisches Wertesystem offenzulegen und dem Klischee von der kalten Rationalität des Technikers zu entfliehen. Und der Techniker ist in dieser Diskussion mehr denn je gefragt. Er muß die Zukunft meistern. Das kann er aber nur, wenn technische Faktoren wieder gesellschaftspolitische Resonanz erhalten.

Überlegungen zur rationellen Energieverwendung müssen deshalb im Mittelpunkt aller zukünftigen Energiestrategien stehen. Nur die Analyse des Nutzenergiebedarfs und seine Deckung mit minimalem Energieeinsatz, d. h. die Befriedi-

gung der vom Verbraucher geforderten Energiedienstleistungen, kann zu einer optimalen Problemlösung führen und alle Randbedingungen erfüllen, wie Ressourcen- und Umweltschonung, Verringerung der Importabhängigkeit, »Verbrauchernähe« und Durchschaubarkeit. Nur mit dieser veränderten Haltung ist es in der öffentlichen Diskussion möglich, den Stellenwert der einzelnen Komponenten des Energiesystems zu erarbeiten und vor allem die Kernenergie aus ihrer gesellschaftspolitischen Stellvertreterrolle herauszulösen und dem ihr angemessenen Platz im zukünftigen System zuzuweisen. Und das ist nötig. Denn die Substitution von Öl und Gas mit Hilfe rationeller Energieverwendung, regenerativer Energien und Kohle kann nur mit Hilfe der Kernenergie gelingen, sei es als Strom- oder Prozeßwärmelieferant.

Es geht in Zukunft nicht um ausschließliche, sondern um komplementäre Lösungen. Es geht nicht um Wärmedämmung contra Strom, sondern um ein gut isoliertes Haus mit einer Wärmepumpe. Es geht nicht um Stromerzeugung in dezentralen Blockheizkraftwerken contra Kernenergie, sondern um die Erzeugung von Spitzenstrom in Heizkraftwerken und die Erzeugung von Grundlaststrom in Kernkraftwerken. Keine Maßnahme kann für sich alleine bestehen: Weder ein 100% gedämmtes »Iglo-Haus« ist wirtschaftlich und sozial akzeptabel, noch eine 100%ige Sonnenheizung oder der alleinige Ausbau der Kernenergie. Rationelle Energieversorgung bedeutet den Übergang zu Koppelsystemen: Strom und Wärme, Sonnenheizung mit Stützsystem, Kohle und Kernenergie, Wärmedämmung und Wärmepumpe, Energiesparen und ausreichende Energieversorgung, dezentrale und zentrale Systeme. Nicht die Alternative, sondern die Ergänzung macht das zukünftige Energiesystem aus. Energiesparen alleine kann rein prinzipiell das Energieproblem nicht lösen, sondern nur helfen, kostbare Zeit für die notwendige Umstrukturierung unserer Energiewirtschaft zu gewinnen.

Die gesellschaftspolitischen Energiestrategien sind technisch nicht durchführbar, aber die technische Realität verliert im gesellschaftspolitischen Bereich an Boden. Die konträr geführte Debatte über unsere zukünftige Energieversorgung ist zutiefst beeinflußt durch die Frage: Welches ist die wahre Dimension des Energieproblems? Sind es die technisch-wirtschaftlichen Aspekte, wie der global zunehmende Energiebedarf, die Umstrukturierung der auf fossilen Energieträgern basierenden Wirtschaft auf nichtfossile Energieträger und der enorme Kapitalbedarf, der dazu erforderlich ist? Oder sind es die natürlichen und sozialen Grenzen, die wir durch Wachstum und zunehmende Zentralisierung der Energiesysteme erreicht haben? Diese jeweils einseitige Wahrnehmung der Realität ruft die Polarisierung hervor: Grundsätzliche gesellschaftspolitische Entscheidungen beinhalten nichtwirtschaftliche Faktoren und philosophische Einflußgrößen, die im Gegensatz zur wirtschaftlichen Rationalität stehen. Je nach Blickwinkel wird ein anderer Inhalt des Energieproblems wahrgenommen (Bild 7). Die Realität besteht aber aus beiden Wahrnehmungen.

Da ist die Wahrnehmung, daß fortwährendes Energiewachstum nicht akzeptable soziale, ökologische und umweltbedingte Kosten verursacht. Die Befürchtung wird ausgedrückt, daß die moderne Industriegesellschaft ein Gefühl der Entfremdung und des Unvermögens hervorruft und deshalb den Wunsch nach Besitz und Kontrolle der Technologie, die das Leben beeinflußt, aufkommen läßt. Die auftauchenden sozialen Werte fordern die traditionellen Ziele einer Industriegesellschaft nach materiellem Fortschritt heraus. Das Energieproblem ist dabei nur eine Manifestation der wesentlich tieferen Krise über Richtung und Fortbestand der Industriegesellschaft überhaupt. Die Kraft der Dezentralisierung sollte nicht unterschätzt werden. Die Sonnenenergie ist das Symbol: Sie

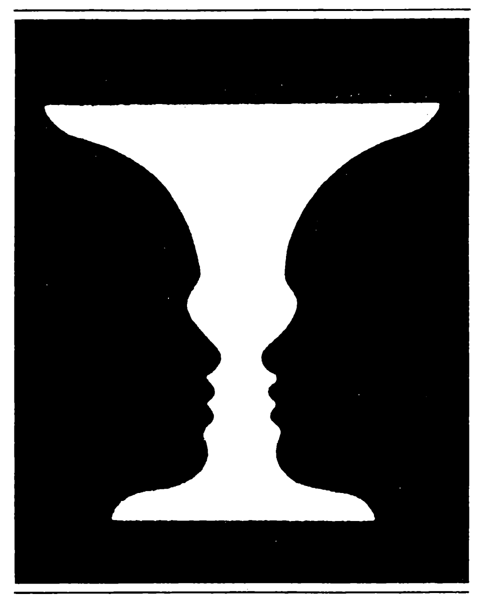


Bild 7 **Wahrnehmungen**

ist demokratisch und scheint auf Reiche und Arme, auf Schwache und Starke. Unsere eigene fortwährende politische Debatte um Kernenergie gibt Grund zu der Annahme, daß die Forderung nach Dezentralisierung der Energieversorgung zunehmendes Gewicht erhält und nicht so schnell verstummen wird.

Die sozial begründeten Wahrnehmungen befinden sich im Gegensatz zu den technischen Perspektiven, bei denen wirtschaftliche Optimierungsprinzipien dominieren. Unter diesem Blickwinkel ist das Energieproblem im wesentlichen ein Problem der Energiebedarfsdeckung bei minimalen Kosten. Genügend Möglichkeiten für eine ausreichende Energieversorgung sind vorhanden. Die Aufgabe besteht darin, die schädlichen Auswirkungen solcher Techniken zu mildern.

Wirtschaftswachstum, Einführung von Großtechnologien und freier Welthandel dienen dabei am besten einer dynamisch sich entwickelnden Industriegesellschaft und der Industrialisierung der Entwicklungsländer. Das Muster der Zentralisierung hat sich in der Vergangenheit hervorragend bewährt, es hat die Effizienz der Technik und des Managements verbessert und die natürlichen Grenzen hinausgeschoben. Deshalb ist dieses Muster auch unser bestes Faustpfand für die Zukunft und kann auf keinen Fall aufgegeben werden, allein schon wegen der großen Übergangsprobleme, die die Menschheit zu bewältigen hat.

Es ist von lebenswichtigem Interesse, daß die Polarisierung in der Energiediskussion abgebaut wird. Im Mittelpunkt der gesellschaftspolitisch orientierten Energiestrategien steht die dezentrale Energieversorgung. Sie sind wegen der diesen Strategien innewohnenden Ausschließlichkeitsansprüche nicht durchführbar. Es muß deshalb verhindert werden, daß Energie zur Durchsetzung gesellschaftspolitischer Ziele mißbraucht wird. Dazu ist eine breite und demokratische Diskussion in der Öffentlichkeit notwenig, die die gesamte Palette sozialer, politischer, wirtschaftlicher und ökologischer Kriterien umfaßt. Der Erfolg ist um so größer, je transparenter die Lösungsansätze zur Energieproblematik sind. Damit steht die dezentrale Energieversorgung, vor allem die rationelle Energieverwendung, wieder im Mittelpunkt; aber diesmal im Mittelpunkt eines technologischen Ansatzes, der die gesellschaftspolitischen Aspekte abdeckt.

Literaturverzeichnis

(1) C. F. von Weizsäcker: Die Schlacht der Moral. Die Zeit vom 15. Juni 1979

(2) Ivan Illich: Fortschrittsmythen - Schöpferische Arbeitslosigkeit, Energie und Gerechtigkeit, Wider die Verschulung. Rowohlt, Reinbeck (1978)

(3) T. Ginsburg: Weniger Energie - mehr Lebensqualität. In: Energiesucht - die Gesellschaft unter dem Joch ihrer Energieversorgung. Fellbach (1979)

(4) D. L. Meadows et alia: The Limits of Growth. Universe Books, New York, N. Y. (1972)

(5) A. B. Lovins: Soft Energy Paths - Toward a Durable Peace. Friends of the Earth International, Ballinger Publishing Company, Cambridge, Mass. (1977)
Sanfte Energie - Das Programm für die energie- und industriepolitische Umrüstung unserer Gesellschaft. Rowohlt, Hamburg (1978)

(6) W. Sassin, A. Lovins, D. Meadows, P. Penczynski: Which Way to Go?
Observations Based on Discussions on Global Perspectives and Energy Strategies
PP-77-9, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria 1977

(7) E. Eppler: Ein Alternativszenarium zur Energiepolitik. 30. Mai 1979

(8) A. B. Lovins: Scale, Centralization, and Electrification in Energy Systems. Proceeding on Future Strategies for Energy Development, ORAU-130, Oak Ridge Associated Universities (1977)

(9) G. Leach: A Low Energy Strategy for the United Kingdom. The International Institute for Environment and Development, London (1979)

(10) H. Bossel: Energieversorung der Bundesrepublik ohne Kernenergie und Erdöl. Öko-Institut, Freiburg (1979)

(11) A. B. Lovins: Bedarf und Ressourcen. In: Zeit zum Umdenken! Kritik an v. Weizsäckers Atom-Thesen. Herausgegeben von S. de Witt, H. Hatzfeldt, rororo aktuell (1979)
(12) DIW, EWI, RWI: Die zukünftige Entwicklung der Energienachfrage in der Bundesrepublik Deutschland und deren Deckung – Perspektiven bis zum Jahr 2000. Essen (1978)
(13) IIASA: Energy in a Finite World – A Global Systems Analysis. International Institute for Applied Systems Analysis (to be published)
(14) Shell: Trendwende im Energiemarkt – Scenarium für die Bundesrepublik bis zum Jahr 2000. Deutsche Shell Aktiengesellschaft (1979)
(15) M. Bald: Der Spielraum ist eng. Wirtschaftwoche Nr. 45 vom 5. 11. 1979
(16) C. Offe: Die Logik des kleineren Übels – Ein Vorschlag an die Sozialdemokraten, sich mit den Grünen zu arrangieren. Die Zeit, Nr. 46 vom 9. 11. 1979
(17) C. F. v. Weizsäcker: Wege in der Gefahr. Hansa (1977)
(18) H. Eiteneyer: Gesellschaftorientiertes Marketing als Unternehmungsaufgabe. In: Vorträge der HEA-Herbsttagung 1979, Frankfurt (Main)
(19) B. Plettner: Können wir mit »sanften Technologien« unser Leben bestreiten? 55 Merkur 8 (1979), S. 731–741
(20) W. Ch. Zimmerli: Die Technik – ein Umweg des Menschen zu sich? Siemens-Zeitschrift 53, Heft 4 (1979), S. 30–32
(21) H. Sachsse: Anthropologie der Technik. Vieweg (1978)

Möglichkeiten dezentraler Energieversorgung

Bernhard Stoy

Die öffentliche Energiediskussion ist trotz einer zweiten Ölkrise gekennzeichnet durch eine Verhärtung der Standpunkte, durch Intoleranz, durch Resignation auf der einen und Aggression auf der anderen Seite. Dabei brauchten die Standpunkte der Kontrahenten, der Befürworter und der Gegner von Kernenergie, gar nicht so »meilenweit« auseinanderzuliegen. Auch mit diesem Kurzreferat möchte ich wieder den Versuch unternehmen, einige Punkte aufzuzeigen, an denen sich beide treffen könnten.

Zunächst eine Begriffserläuterung: Kernenergiegegner, deren Motive Systemzerstörung oder Fanatismus sind, fallen als Gesprächspartner aus. Ich meine diejenigen Kernenergiegegner, welche – teilweise sogar durch die Haltung mancher Vertreter unseres Wirtschaftszweiges – zu der Meinung kamen, es ginge in Zukunft mit relativ weniger Energie, was übrigens auch meine Überzeugung war und ist, und die daraus irrtümlicherweise ableiten, es ginge folgerichtig auch ohne Kernenergie. Das gestern von Herrn Meier-Abich gemachte Angebot sollte unser Wirtschaftszweig nicht ausschlagen.

Eine für beide Seiten positive Aussage sei an den Anfang gestellt: Die Möglichkeiten der dezentralen Energieversorgung wurden bisher meist unterschätzt. Drastisch gestiegene Ölpreise und demnächst stark steigende Gaspreise werden zu großen Veränderungen in den Energiesektoren führen.

Diese Evolution ruht auf zwei Pfeilern:

der Verminderung des Energiebedarfs an sich und der Einbeziehung großer Mengen niederwertiger Energie, sogenannter Umweltwärme; sie ist die umweltschonendste und auf Dauer preisgünstigste heimische Energie, die es gibt.

Dies ist eine gute Botschaft für Kernenergiegegner; denn

wir werden tatsächlich mit weniger Energiezuwachs – auch mit etwas weniger Stromzuwachs – auskommen können, als vor etlichen Jahren von amtlichen Stellen prognostiziert.

Und es ist eine gute Nachricht für Kernenergiebefürworter; denn durch die praktische Nutzung von regenerativer Energie wird auch für Stromgegner sichtbar und im privaten Bereich nachvollziehbar – was noch immer besonders überzeugend ist –, daß wir nur durch ein vernünftiges Miteinander unsere Energieprobleme lösen können.

Die RWE-Konzeption, mit möglichst viel regenerativer Energie und mit möglichst wenig Strom (als Hilfsenergie für den Antrieb von Umwälz- und Wärmepumpen) möglichst viel Öl zu ersetzen, findet mehr und mehr ihre Bestätigung in der Praxis.

Zur Verdeutlichung der Behauptung, daß wir große Umwälzungen auf dem mengenmäßig größten Nutzenergiesektor, der Niedertemperaturwärme, zu erwarten haben, möchte ich einige aktuelle Informationen aus der Praxis vorausschicken. Gestatten Sie, daß ich dabei in die Niederungen des Verbrauchersektors herabsteige und einige Details erwähne, die Sie aber vielleicht – weil ganz privat auch Energieverbraucher – persönlich interessieren.

Und vielleicht stimmen diese Angaben auch jene etwas nachdenklich, die aus dem Bereich der Energieerzeugung kommen; denn sie sehen meist nur die Kette: Erzeugung – Verteilung – Verbrauch. Die Betrachtung müßte umgekehrt und zumindest gleichwertig erfolgen, und zwar in der Reihenfolge: Bedürfnis – Bedarf – Bereitstellung.

Am Beispiel der unerwartet hohen Ölpreissteigerungen wird deutlich, wie flexibel und anpassungsfähig der Verbraucher reagiert. Allein zum Thema »Indirekte und direkte Sonnenenergienutzung« deshalb nun folgende Informationen:

1. Die Lieferzeiten von Wärmepumpen für Ein- oder Zweifamilienhäuser betragen zur Zeit bei Fabrikaten guter Qualität 3 bis 6 Monate.

2. Für dieses Jahr wird die zu verkaufende Produktion bereits auf 35 000 bis 40 000 Elektro-Wärmepumpen geschätzt. Zum Vergleich: Die Zahl der in den letzten 15 Jahren, d. h. von 1965 bis Ende 1979 installierten Wärmepumpenanlagen wird auf 8000 geschätzt. Hierin sind auch alle Anlagen in größeren Gebäuden oder in Schwimmbädern enthalten.
3. Die Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW), die Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung (HEA) und die Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft (IZE) werden ihre Anstrengungen verstärken, um die Wärmepumpenanwendung als ein wirksames Mittel der Ölsubstitution durch Beratungsarbeit zu unterstützen. Die IZE-Produktinformation hat sogar einen Agenturwettbewerb ausgeschrieben.
4. Neben den Wärmepumpen, deren kalte Energiequelle Umgebungsluft, Grundwasser, Laufwasser oder Erdreich ist, haben unsere Entwicklungsarbeiten zum Energie-Dach große Zukunftsaussichten. Das RWE und seit einiger Zeit auch die Energieversorgung Schwaben (EVS) sind jetzt in der Bundesrepublik auf diesem Gebiet die treibenden Kräfte, während das BMFT derzeit versucht, den Absprung von der Solarkollektor-Förderung zum Energie-Dach nachzuvollziehen.
   Die von uns vorgeschlagenen Begriffe Energie-Dach, Energie-Fassade, Energie-Zaun, Energie-Stapel stehen für Systeme, die Energiegewinne aus Umgebungswärme, d. h. durch Sonneneinstrahlung, Konvektion der Außenluft, Kondensation der Luftfeuchte, Rauhreifbildung oder Vereisung sowie durch die Erhöhung des Wärmeübergangs durch Wind, ganzjährig in Heizwärme verwandeln.
5. Unsere Prognose, daß die bivalente Wärmepumpenheizung große Marktchancen hat, beginnt sich zu bestätigen. Bei diesem Heizsystem wird die bestehende Ölheizung mit einer vom RWE speziell für diese Anwendung entwickelten Wärmepumpe kombiniert. Immerhin sind rund

10,5 Mio Wohnungen, also knapp die Hälfte aller Wohnungen dieses Landes, mit Ölheizung ausgestattet und zumeist für eine solche Kombination geeignet. Monovalente Wärmepumpen sind voll spitzenlastanteilig, weil sie ganzjährig in Betrieb sind; für bivalente Wärmepumpen dagegen wird keine zusätzliche Kraftwerksleistung benötigt. Theoretisch könnten 1990 rund 4 Mio bivalent beheizte Wohnungen ohne zusätzliche Kraftwerksleistung versorgt werden. Bei monovalentem Betrieb entspräche dies einer zusätzlichen Kraftwerksleistung von 24000 MW mit nur maximal 1800 Jahresbenutzungsstunden.

Bei der Förderung bivalenter Wärmepumpen zum Beispiel könnten, ja, müßten Befürworter und Gegner in einem Boot sitzen. Erstere wegen höherer Auslastung der Kraftwerke, letztere wegen Einsparung von Kraftwerksleistung.

6. Engpässe dürften sich in nächster Zeit weniger bei der Herstellung der Wärmepumpen ergeben. Die Lieferzeiten werden bald nach Fertigstellung derzeit im Bau befindlicher Wärmepumpenfabriken behoben sein. Engpässe werden sich in den nächsten Jahren auch nicht bei der Strombereitstellung für den Antrieb der Wärmepumpen ergeben. Engpässe werden beim Installationsgewerbe auftreten, dessen »Trägheitsmoment« schon gegenwärtig manche Wärmepumpenhersteller oder Wärmepumpenbesteller zur hellen Verzweiflung bringt. Nur durch Existenznot, beispielsweise einen drastischen Rückgang der Ölheizungsinstallationen oder der Wartungen solcher Anlagen, wird dieses Gewerbe die notwendigen Aktivitäten entwickeln.
7. Neben der Heizungsumstellung im Wohnungsbau bahnt sich seit einigen Monaten vor allem in Gewerbe- und Industriebetrieben ein regelrechter Boom für Wärmerückgewinnungsanlagen an. Teilweise handelt es sich wiederum um den Einsatz von speziell dimensionierten Wärmepumpen, teilweise um rekuperative oder regenerative Wärmetauscher. Dieses Einsparungspotential ist schwer abschätzbar,

dürfte aber beim industriellen und gewerblichen Energiebedarf deutlich sichtbare Auswirkungen haben. Wenn von Einsparung die Rede ist, dann wird auch hier in erster Linie Öl oder Gas gespart, nicht aber Strom. Im Gegenteil, bei vielen Anlagen wird zusätzlich elektrische Energie – wenngleich auch in relativ geringen Mengen – benötigt.

8. Der direkten Sonnenenergienutzung, d. h. der Solareinstrahlung werden vor allem für sonnenreiche Länder größere Möglichkeiten gegeben, als dies noch vor einem Jahr vermutet wurde. Dabei handelt es sich in erster Linie um Anlagen für die Meerwasserentsalzung, hauptsächlich um die solare Kühlung für die Frischhaltung von Lebensmitteln – einem außerordentlich wichtigen Anwendungsgebiet zukünftiger Solartechnik –, aber natürlich auch um die Warmwasserbereitung für hygienische Zwecke. Die bisher in Pilotanlagen erzielten Ergebnisse einerseits, die Veränderung der energiepolitischen Landschaft andererseits – erinnert sei an das gestrige Referat des ägyptischen Botschafters – und die Kostendegression durch größere Stückzahlen geben dieser Energietechnik großen Auftrieb.
   Die Sonnenenergienutzung ist übrigens der nächste Versuch der Menschheit – um Herrn Penczynski zu zitieren –, mit dem der Energiekonsument, »der Süchtige nun doch in die Schnapsbrennerei einheiraten möchte«.

Nun zu einigen Aussagen über die weitere denkbare Entwicklung. Dabei handelt es sich zumeist um Überlegungen, die von uns schon viele Male vorgetragen wurden und die, wie auch die beiden gestrigen Referate von Herrn Professor Schneider und Herrn Professor Meier-Abich zeigten, allmählich ihren Niederschlag finden.

Niedertemperaturwärme ist am Endenergiebedarf mit 40 bis 50% beteiligt. Zur Erzeugung von Niedertemperaturwärme aus indirekter Sonnenenergie oder auch aus Abwärme ist die Technik der Wärmepumpe in großem Umfang verfügbar. Dies gilt erst recht bei weiter steigenden Energiepreisen.

So wie in den 50er und 60er Jahren die Kohleheizung durch die Ölheizung verdrängt wurde, so wird in den 80er und 90er Jahren die Ölheizung durch die Wärmepumpenheizung ergänzt und/oder verdrängt werden.

Würde man Energieszenarien oder Energieprognosen, die vor 6 bis 10 Jahren abgegeben wurden, auf ihre Aussage zur Wärmepumpenanwendung hin untersuchen, so käme man aus dem Staunen nicht heraus – es sei denn, man hätte das gestrige Referat von Herrn Voss gehört: Die Wärmepumpe findet man nämlich darin nicht.

Auch dieses Beispiel läßt Systemanalysen, Szenarien, Prognosen recht fragwürdig erscheinen, weil die Bearbeiter jeweils nur die Vergangenheit und die Gegenwart fortschreiben können.

Wir alle müssen uns dafür einsetzen, daß zwischen Primär-, Sekundär-, End- und Nutzenergie deutlich unterschieden wird. Energie ist eben nicht gleich Energie. Leider werden unterschiedliche Energiebegriffe häufig in einen Topf geworfen.

Dies haben auch Dr. Werner Müller und ich wiederholt, und dazu noch aus der Branche der Elektrizitätswirtschaft bei der Veröffentlichung des Buches »Entkopplung – Wirtschaftswachstum ohne mehr Energie?« erfahren müssen. Man setzte »Energie« gleich »Elektrizität«; d. h. »Wirtschaftswachstum ohne mehr Elektrizität?«.

Tatsächlich wurde mit unserer 1975 erarbeiteten, 1978 veröffentlichten Ausarbeitung nachgewiesen, inzwischen übrigens in einer EG-Studie sowie von wissenschaftlichen Instituten, auch von der Mineralölbranche und anderen Unternehmen bestätigt, daß zukünftiges Wirtschaftswachstum zwar mit immer weniger Primär- und erst recht Endenergiewachstum verbunden sein kann, daß aber die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Strommehrverbrauch viel langsamer vonstatten geht; ja, daß wir in den nächsten Jahren sogar Elektrizität zur Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Primärenergieverbrauch benötigen werden!

Und da man die Kohle nicht gleich dreimal verplanen kann – für den nichtenergetischen Bedarf, für die Stromerzeugung und für die Kohlevergasung –, bleibt festzuhalten: Es geht vielleicht mit weniger Kernenergie, als vor zehn Jahren gedacht, aber es geht nicht ohne Kernenergie.

Ein überzeugendes Beispiel für die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Primärenergie liefert die Wärmepumpe: Allein die geschätzten Stückzahlen für bivalente Systeme – gehen wir einmal von 4 Mio Anlagen aus – erfordern in den nächsten Jahren für Anschaffung, Montage und Zubehör ein Volumen von rund 100 Milliarden DM. Dadurch werden rund 10 bis 11 Mio t Rohöl (entspricht rund 15 Mio t SKE) jährlich eingespart, was einer Deviseneinsparung von derzeit rund 3 Mrd DM/Jahr entspricht (wenn alle diese Anlagen installiert und in Betrieb sein werden, so dürfte die jährliche Deviseneinsparung noch weit höher liegen). Als Gegenleistung muß ein viel geringerer Primärenergieanteil für die elektrische Energie zum Antrieb der Wärmepumpe aufgebracht werden, nämlich 5 Mio t SKE. Der hieraus erzeugte Wärmepumpenstrom entspricht 22 Mrd Kilowattstunden oder 7,5% der gegenwärtigen öffentlichen Stromversorgung der Bundesrepublik (wenn alle Anlagen installiert und in Betrieb sein werden, vermindert sich der Prozentsatz, weil bis dahin die öffentliche Stromversorgung weiter angestiegen sein wird). Bemerkenswert ist, daß dieser Strombedarf nicht spitzenanteilig sein müßte.

Die Strategie der Entkopplung wird schon zwei Jahre nach ihrer Veröffentlichung vor allem durch die zunehmende Anwendung regenerativer Energiequellen und durch die Bemühungen zur Energieeinsparung in ihren Grundaussagen bestätigt. Wenn verschiedene Unternehmen unseres Wirtschaftszweiges diesen Gedanken für zu kompliziert halten und lieber bei der einfachen Aussage bleiben möchten, mehr Wirtschaftswachstum benötige mehr Strom, so trifft dies im Ergebnis auch für die nächsten Jahre zu, geht aber an den eigentlichen Ursachen vorbei.

Die Annäherung der beiden Kontrahenten würde sicher erleichtert, wenn man die Zusammenhänge und die Wechselwirkungen zwischen Primär-, Sekundär-, End- und Nutzenergie darstellte und dabei die Möglichkeiten der elektrischen Energie herauskristallisierte.

Auch sollten alle die Gründe erfahren, die für das RWE bei seinen jahrelangen Bemühungen zur Einsparung von Energie – auch zur Verringerung des spezifischen Strombedarfs – im Vordergrund standen:

Betrachtet man den Endenergiebedarf der Bundesrepublik Deutschland, so entfallen rund 14% auf Elektrizität. Die übrigen 86% werden durch die anderen Endenergieträger Öl, Gas, Kohle und Fernwärme gedeckt.

Es ist u. E. nicht vorstellbar, daß in den nächsten Jahren der absolute und erst recht der prozentuale Anteil der Elektrizität am Endenergiebedarf stagniert oder sogar rückläufig sein wird, denn die Geschichte der Stromanwendung ist eine Geschichte der Substitution, eine Geschichte des Ersatzes anderer Energien durch Strom. Seit etwa 100 Jahren, d. h. seit Entstehung der praktischen Nutzung der Elektrizität, sind immer wieder neue Geräte, Anlagen oder Verfahren entwikkelt worden, um den Energieeinsatz durch Stromanwendung zu verringern.

Es spricht alles dafür, daß sich gerade in den nächsten Jahren diese Geschichte der Substitution fortsetzen und in zunehmendem Maße Elektrizität benötigt werden wird, um noch mehr als bisher andere Energieträger zu ersetzen.

Unser Unternehmen hat deshalb schon seit nunmehr rund 15 Jahren, also nicht erst seit der sogenannten Ölkrise, alle Verfahren gefördert, die den allgemeinen Energiebedarf verringern und auch bei bestimmten Elektrizitätsanwendungen den spezifischen Stromeinsatz reduzieren. Denn sollten zum Beispiel die bisherigen Ölmengen unvermindert durch Strom ersetzt werden (gegenwärtig beginnt ein Umstellungsprozeß in der Industrie bei Schmelzverfahren oder bei Verfahren der

Wärmebehandlung von Metallen), so würden sicherlich die für den Kraftwerks- und Leitungsbau erforderlichen Investitionen, aber auch der Bedarf an Grundstücken, Trassen u. a. m., das Vorstellbare übersteigen.

Und noch eines möchte ich all denen vortragen – auch wenn es unbescheiden klingen mag –, die den Beitrag der Elektrizitätswirtschaft für die sinnvolle Energieverwendung und für den Einsatz regenerativer Energieträger nicht kennen oder die ihn geflissentlich übergehen, weil nicht ins Weltbild passend.

Hier nur einige Beispiele von nachweislichen RWE-Aktivitäten, auch als Antwort auf das, was Herr Patterson gesagt hat; denn in dieser Hinsicht hat er »Eulen nach Athen getragen«.

1962 brachten wir das erste Bau-Handbuch für die Wärmedämmung heraus.

1964 förderten wir die Entwicklung der Automatik-Kochplatte, die 50% Stromeinsparung mit sich brachte.

1965 installierten wir die erste Wärmerückgewinnungsanlage in einem Warenhaus.

1966 installierten wir die erste Wärmepumpen-Großanlage der Bundesrepublik.

1968 erprobten wir die ersten Laufwasser-Wärmepumpen an Flüssen.

1969 entwickelten wir die sogenannte Wärmepumpen-Kompaktanlage für Schwimmbäder.

1972 errichteten wir die erste zentrale Wärmerückgewinnungsanlage für warmes Abwasser von Haushalten.

1973 setzten wir aufgrund unserer Untersuchungen gegen die Industrie eine Norm durch, mit der heute Kühl- und Gefriergeräte rund 40% weniger Strom verbrauchen (BMFT und BMWi wurden hier erst 1978/79 aktiv).

1974, also direkt nach der ersten Ölkrise, gaben wir ein Energiesparbuch heraus (Vorläufer aller weiteren Energiesparbücher) und entwickelten die bivalente Wärme-

pumpenheizung. Im gleichen Jahr bauten wir die erste Kollektor-Teststation der Bundesrepublik.

1975 wurde die RWE-Studiengesellschaft Energietechnik (ETS) gegründet, deren vielfältige Aktivitäten hier aus Zeitgründen nicht erwähnt werden können. Nur drei Beispiele: Mit maßgeblicher BMFT-Unterstützung errichtete die ETS die größte Solarforschungsanlage Europas, das erste Blockheizkraftwerk, Agrotherm- und Limnothermanlagen. Vor zwei Wochen ging die erste Hortithermanlage am Kraftwerk Neurath in Betrieb.

Es ist einfach nicht wegzudiskutieren: In der Bundesrepublik waren insbesondere einige Unternehmen der Elektrizitätswirtschaft Motivator und Initiator für Innovationen zu einer sinnvollen und rationellen Energieverwendung in der Praxis. Erst danach haben Landesregierungen, die Bundesregierung, Industrieunternehmen, Institute usw. ähnliche Aktivitäten, die zum großen Teil hierauf aufbauten, entwickelt.

Ich möchte schließen mit der Wiederholung einer Aussage, die ich im Mai 1973, also vor der ersten Ölkrise, vortrug und die nach der zweiten Ölkrise vielleicht eher akzeptiert werden wird: In Zukunft wird der Reichtum, d. h. die Substanz eines Landes nicht mehr daran gemessen werden, wie hoch der Energieverbrauch pro Kopf der Bevölkerung ist, sondern wie niedrig der auf den jeweiligen Verwendungszweck bezogene, spezifische Energieverbrauch im Vergleich zu anderen Ländern ist.

An der Verwirklichung dieses Zieles sollten wir gemeinsam arbeiten.

Risiken aus der Energiebedarfsdeckung

Karl Heinz Lindackers

Jeder Bürger der Bundesrepublik Deutschland nutzt täglich direkt und indirekt die uns aus Kohle, Erdöl, Erdgas, Wasser und Atomkernen – den zur Zeit bedeutendsten Primärenergieträgern – zur Verfügung stehende Energie in vielfältiger Weise zu seinem Vorteil. Vielen ist dieser Vorteil kaum bewußt, weil ihnen Energiemangel unbekannt ist. Erfahrung und wissenschaftliche Forschung machen uns aber auch Nachteile und Gefahren der Energienutzung deutlich. Nachteile und Gefahren werden – gleichgültig, ob es sich um erwiesene oder nur vermutete handelt – nach der primitiven Devise »bad news are good news« von Zeitungen, Funk und Fernsehen schneller und intensiver verbreitet als Vorteile und Chancen. Im Blickfeld stehen dabei besonders die Anlagen zur Aufbereitung von Primärenergieträgern und zur Energieumwandlung, also Raffinerien und Kraftwerke. In der letzten Zeit sind die Anlagen zur Entsorgung von Kernkraftwerken hinzugekommen. Unkenntnis, widersprüchliche Informationen, Angst vor Nachteilen und Gefahren, das sind die entscheidenden Faktoren, die einen stark mehrheitlichen Konsens in unserer Gesellschaft über die Bewertung unserer Energieversorgung und ihre künftigen Entwicklungsrichtungen erheblich erschweren und z. T. unmöglich machen. Vornehmlich mit Hilfe von Risikoanalysen soll die Angst vor den Gefahren objektiviert werden.

Bei der nun schon mehr als 10 Jahre anhaltenden Diskussion über Risiken der Technik allgemein und speziell der Kerntechnik ist nach wie vor festzustellen, daß unter dem Begriff »Risiko« keineswegs alle Diskussionspartner das gleiche verstehen. Es erscheint deshalb die Wiederholung einiger Erläuterungen angebracht, die vom Verfasser bereits 1974 veröffentlicht wurden.(1)

Der Begriff »Risiko« hat aus rein sprachlicher Sicht die gleiche Bedeutung wie die Begriffe »Wagnis« oder »Gefahr«. In der Wirtschaft schließt der Begriff »Risiko« sowohl die Möglichkeit wirtschaftlichen Verlustes als auch die Chance des wirtschaftlichen Gewinnes ein, wird also nicht von vornherein als etwas absolut Negatives betrachtet. Will man aber nur die negativen Aspekte des Wagnisses, die Technik zu nutzen, ansprechen, so sollte man zur Vermeidung von Mißverständnissen den Begriff »Schadensrisiko« wählen. Das Schadensrisiko definiert man hinreichend allgemein unter Beachtung des bisher Gesagten zweckmäßig so: Schadensrisiko = Wagnis, daß nachteilige Wirkungen aller Art zwar eintreten können, aber nicht unbedingt eintreten müssen.

Die vorgenannte Definition gibt unmittelbar Veranlassung zu folgenden Fragen:

- Welcher Art sind die nachteiligen Wirkungen im einzelnen?
  Oder kurz: Schadensart?
- Welche Quantität haben die nachteiligen Wirkungen, wenn sie eintreten?
  Oder kurz: Schadenshöhe?
- Mit welcher Häufigkeit könnten die nachteiligen Wirkungen eintreten?
  Oder kurz: Schadenshäufigkeit?
- An wem oder an was treten die nachteiligen Wirkungen auf?
  Oder kurz: Schadensobjekt?
- Was führt zum Eintreten der nachteiligen Wirkungen?
  Oder kurz: Schadensquelle?
- Was ist das Wagnis?

Diese Fragen machen deutlich, daß bei der Verwendung des Begriffes »Schadensrisiko« genaue abgrenzende Angaben erforderlich sind, wenn Mißverständnisse vermieden werden sollen.

In den letzten Jahren ist bei der Diskussion über Technolo-

gien insbesondere von Politikern häufiger der Begriff »Restrisiko« verwendet worden. Eine saubere Abgrenzung des jeweils betrachteten Risikos schließt aber sachlich gesehen einen »Rest« aus. Man kann deshalb dem Zusatzbegriff »Rest« nur beruhigungstherapeutischen Charakter beimessen, weil man darunter allgemein nur wenig von einer ehemals sehr viel größeren Menge versteht.

Die mit den verschiedenen Technologien zur Nutzenergiegewinnung verbundenen Risiken können nicht unmittelbar »gemessen« werden. Diese Feststellung erfordert keine Begründung für neue, noch nicht erprobte Technologien, gilt aber auch für Technologien, die schon viele Jahrzehnte im Einsatz sind, zum Beispiel Kohlekraftwerke. Die Risiken müssen aus theoretischen Risikoanalysen ermittelt werden. Auf entscheidende Probleme der theoretischen Risikoanalyse wird im folgenden kurz eingegangen.(2)

Theoretische Risikoanalyse

Zur Erstellung einer Risikoanalyse für eine bestimmte technische Anlage sind drei ganz entscheidende Aufgaben zu lösen:

- Für jedes Teil der technischen Anlage ist aufzulisten, welche Stör- und Versagensfälle denkbar sind und welche Abläufe sich aus solchen Stör- und Versagensfällen ergeben könnten, wobei die Abläufe wiederum abhängig sind von Stör- oder Versagensfällen an anderen Teilen der Anlage, die entweder unabhängig oder abhängig vom auslösenden Ereignis gleichzeitig oder unwesentlich später als dieses auftreten könnten.
- Für jeden Störfall- oder Versagensablauf sind die Auswirkungen im Innern der Anlage und in der Umgebung quantitativ für jede einzelne in Betracht kommende Art der Auswirkung zu ermitteln.
- Für jede Störfall- oder Versagensauswirkung ist anzugeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit sie auftreten könnte.

Schon die Lösung der ersten Aufgabe stößt auf erhebliche Schwierigkeiten. Eine komplexe technische Anlage besteht aus so vielen Einzelteilen, daß es außerordentlich schwierig ist, alle in Betracht kommenden Fehlerbäume vollständig und in den logischen Verknüpfungen der Abläufe fehlerfrei zu erstellen und dennoch eine ausreichende Übersicht zu gewährleisten. Nicht zuletzt muß bei den mit der Aufgabenlösung befaßten Technikern und Naturwissenschaftlern die innere Hemmung überwunden werden, alle »denkbaren« Stör- und Versagensfälle zu berücksichtigen. Sie werden sich nämlich oft weigern, auch die Fälle zu behandeln, die außerhalb des bisherigen menschlichen Erfahrungsbereiches liegen, aber dennoch »denkbar« sind. Es scheint nur so, daß Kerntechniker eine Ausnahme bilden.

Die Quantifizierung der vielfältigen Auswirkungen für jeden einzelnen Störfall- oder Versagensablauf sowohl im Innern der Anlage als auch in der Umgebung stellen den Analytiker vor einen weiteren Berg zu lösender Probleme, die im folgenden nur schlagwortartig angedeutet werden sollen: Es sind häufig komplexe dynamische Vorgänge zu quantifizieren, für die es keine ausreichenden mathematischen Modelle gibt. Aber auch wenn die mathematischen Modelle vorhanden sind, können Koeffizienten, Parameter oder Konstanten nicht abstrakt bestimmt, sondern müssen aus geeigneten experimentellen Untersuchungen ermittelt werden, die vielfach fehlen. Lückenhaft – soweit es sich um nichtradioaktive Stoffe handelt, sehr lückenhaft – sind unsere Kenntnisse immer noch auf dem Gebiet der Ermittlung der tatsächlichen Auswirkungen, die sich für die betroffenen Menschen und ihre Umwelt ergeben. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang der Transport und die Anreicherung umweltfremder oder gar umweltschädlicher Stoffe in den verschiedenen ökologischen Systemen, die Beziehung zwischen Dosis und Wirkung und die Abhängigkeit von Dosiswirkungsbeziehungen von der Dosisleistung.

Ähnlich wie bei den ersten beiden Aufgaben sind auch bei

der dritten Aufgabe eine Fülle von Schwierigkeiten zu überwinden. Dabei muß objektiv festgestellt werden, daß die Mathematik im Hinblick auf die Wahrscheinlichkeitsrechnung schon beträchtliche Grundlagen geliefert hat, die aber von vielen Technikern nur unzureichend verstanden werden, was Fehlinterpretationen zur Folge hat. Es ist einfach sachlich falsch, zu argumentieren, daß für komplexe Bauteile, die nur in kleiner Anzahl gebaut und betrieben werden, Wahrscheinlichkeitsaussagen unmöglich oder unseriös sind. Die Ausfallwahrscheinlichkeiten für ein komplexes Bauteil setzen sich aus den Wahrscheinlichkeiten für Einzelfaktoren zusammen, die heute sehr wohl seriösen experimentellen Untersuchungen zugänglich sind. Richtig ist, daß von diesen experimentellen Untersuchungsmöglichkeiten heute noch zu wenig Gebrauch gemacht wird.

Hier gilt es, die Forschung zu intensivieren, wobei die Industrie bedenken sollte, daß Forschungsergebnisse gerade in dieser Beziehung auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht von höchstem Nutzen sind und deshalb die Eigenleistung der Industrie im Vordergrund zu stehen hat und nicht der Ruf nach staatlicher Finanzierung dieser Forschung. Es muß auch grundsätzlich der Behauptung widersprochen werden, daß die vielfältigen menschlichen Handlungen, die beim Bau und Betrieb einer großen technischen Anlage noch notwendig sind, nicht mit Wahrscheinlichkeitsaussagen bezüglich einer falschen Handlung belegt werden können. Gerade auf diesem Gebiet liegen inzwischen schon recht viele brauchbare Untersuchungsergebnisse vor. Natürlich gilt es auch hier, das bereits Ermittelte zu vertiefen und zu ergänzen.

Der Übergang von der Störfallbetrachtung zu den Auswirkungen des bestimmungsgemäßen oder normalen Betriebs einer Anlage ist oft fließend. Die Einhaltung eines Immissionsgrenzwertes, wie er zum Beispiel in der »Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft« festgelegt ist, bedeutet nicht, daß ein Schadensrisiko für Menschen, die der Immis-

sion ausgesetzt sind, nicht existiert. Bei einer überwiegenden Zahl betroffener Personen – vornehmlich der Gesunden – ist zwar kein Schadensrisiko gegeben, aber bei einigen wenigen kann es einer aus anderen Gründen schon stark beeinträchtigten Gesundheit zu einem Schaden kommen. In vielen Fällen wird man daher die Risikobetrachtung bis in den Bereich des normalen Betriebes einer technischen Anlage fortsetzen müssen.

Auch unter Wissenschaftlern werden extrem kleine Störfalleintrittswahrscheinlichkeiten skeptisch betrachtet: Man spricht von Störfallbetrachtungen jenseits der praktischen Vernunft. Diese Bewertung ist sicher auch mehr emotional als rational begründet. Extrem kleine Störfalleintrittshäufigkeiten kommen sehr oft dadurch zustande, daß eine größere Zahl voneinander unabhängiger und redundanter Sicherheitsmaßnahmen versagen müssen. Ist die Unabhängigkeit voneinander wirklich zuverlässig gewährleistet und stammen die Einzelwerte aus Messungen oder Simulationen, ist gegen das Resultat sachlich nichts einzuwenden. Betrachtet man Risiken für eine größere Region – etwa das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland – durch eine größere Zahl gleichartiger technischer Anlagen, so ergibt sich die Wahrscheinlichkeit für die extremste Störfallschwere als Produkt aus der schon sehr geringen Störfalleintrittshäufigkeit und der ebenfalls sehr geringen Häufigkeit dafür, daß sich der Störfall im dichtestbesiedelten Sektor aller Anlagen und bei gleichzeitig ungünstigsten meteorologischen Ausbreitungsbedingungen für die Schadstoffe ereignet.

Die grob skizzierten Schwierigkeiten bei der Erstellung einer Risikoanalyse sind insgesamt nicht so groß, daß sich eine solche Analyse heute noch verbieten würde, sondern sie beeinflussen lediglich die Güte und damit die Aussagekraft der Risikoanalyse. Fehlende oder unzureichend experimentell abgesicherte Daten oder exakte Berechnungsverfahren lassen sich fast immer durch vorsichtige Annahmen oder Abschät-

zungen ersetzen, die letztlich zu einer Ermittlung der oberen Risikogrenze führen, was also bedeutet, daß das Risiko in Wahrheit mit Sicherheit kleiner als der ermittelte Wert ist. Leider ist in dieser Beziehung in der Vergangenheit oft nicht hinreichend seriös vorgegangen worden, weil Risikoanalysen mit dem Ziel erstellt wurden, die allgemeine Akzeptanz einer Technologie mit diesem Hilfsmittel herbeizuführen.

Risiken verschiedener Technologien zur Energiebedarfsdeckung

Herbert Inhaber vom Atomic Energy Control Board in Kanada hat in einer 1978 veröffentlichten Studie(3) technologie- und produktionsbezogene Risikowerte ermittelt, die im folgenden kurz erörtert werden sollen.

Als Schadensquellen werden betrachtet:

a) Gewinnung von Rohmaterialien und Brennstoffen
b) Fertigung der Teile für den Bau von Anlagen
c) Montage der Anlagen
d) Betrieb und Wartung der Anlagen
e) Abfallbeseitigung
f) Transporte von Rohmaterialien, Brennstoffen und gefertigten Teilen

Bild 1 zeigt für 10 Technologien zur Stromerzeugung die mit 1000 multiplizierte Zahl der tödlichen Berufsunfälle für die an den Schadensquellen Beschäftigten je MWa erzeugter elektrischer Nettoleistung. Das Balkenende gibt den ermittelten Maximalwert, die gestrichelte Linie im Balken den ermittelten Minimalwert an. Die durch die vertikale, punktierte Gerade abgeteilten 3 Technologien sind nach Auffassung von Inhaber für Kanada weniger anwendbar.

Bild 2 zeigt in entsprechender Darstellung zu Bild 1 die Anzahl der im übrigen zu Tode kommenden Personen. Beachtlich ist die große Differenz zwischen Maximal- und Minimalwert bei Kohle und Öl. Störfälle wurden bei diesen beiden Technologien nicht betrachtet. Alle durch Emissionen

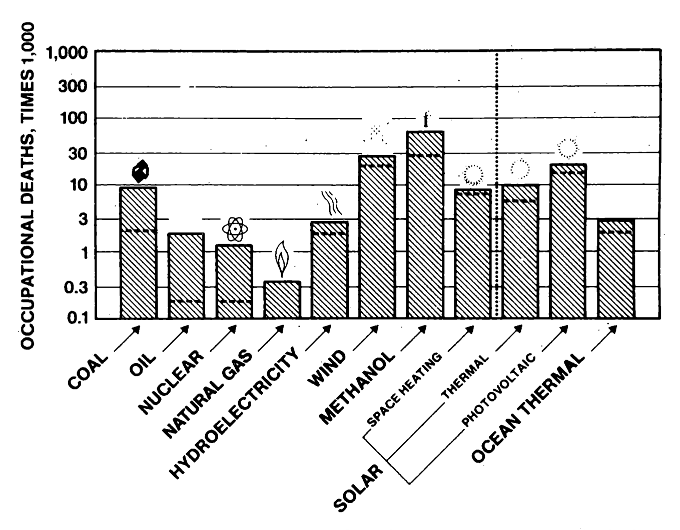


Bild 1: Zahl der tödlichen Berufsunfälle je MWa erzeugter elektrischer Nettoleistung für verschiedene Technologien (aus [3]).

verursachten Toten werden auf Schwefeldioxid zurückgeführt, und zwar zwischen 0,07 und 100 in der Skalierung von Bild 2 ([3], S. A-5), wobei der höchste Wert für dichtbesiedelte Gebiete gelten soll. Dem Verfasser und auch anderen Wissenschaftlern(4) ist für den Bereich kleiner Schwefeldioxid-Konzentrationen, wie sie in der Umgebung von Kohlekraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland auftreten, keine von einem erfahrenen Wirkungsforscher experimentell belegte, quantitative Dosiswirkungsbeziehung bekannt. Die beachtlich hohen Werte in Bild 2 für die Wind- und Sonnentechnologie sind zum überwiegenden Teil (Wind: 95% nach[5], S. H-7, Sonne: 99% nach[5], S. E-12) auf die Kohlekraftwerke zurückzuführen, die bei unzureichendem Wind oder unzureichender Sonneneinstrahlung ersatzweise Strom liefern. Die Darstellung in Bild 2 ist also nicht nur wissenschaftlich unseriös, sondern verschleiert auch das Risikoverhältnis zwischen Kohle- und Öltechnologie einerseits und Wind- und Sonnentechnolo-

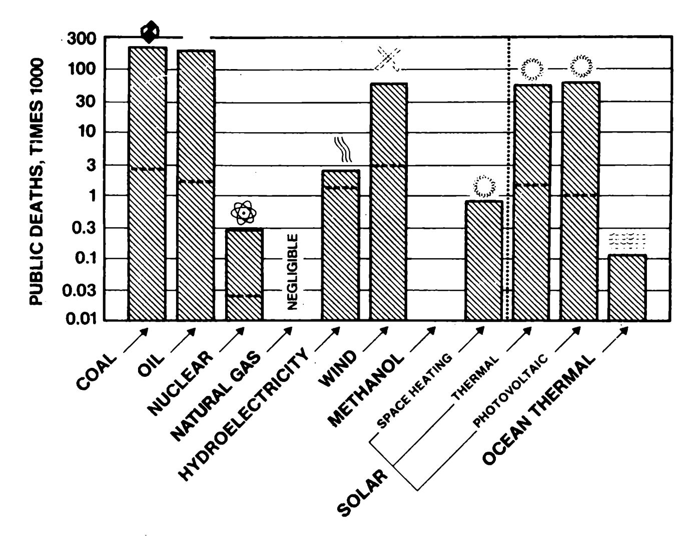


Bild 2: Zahl der Toten aus der Bevölkerung je MWa erzeugter elektrischer Nettoleistung für verschiedene Technologien (aus [3]).

gie andererseits. Bild 3 zeigt in entsprechender Darstellung die Addition der Werte aus den Bildern 1 und 2.

Bestehende Risiken

Bereits 1974 hat der Verfasser bestehende Schadensrisikowerte für das Jahr 1970 angegeben und ausführlich erläutert, wie diese Werte ermittelt wurden.(1) Eine entsprechende Ermittlung erfolgte inzwischen für das Jahr 1977(5). Tabelle 1 zeigt die Schadensrisikowerte für tödliche Arbeitsunfälle in den verschiedenen Wirtschaftszweigen für die Jahre 1970 und 1977.

Für 6 der 14 Wirtschaftszweige ergab sich keine Veränderung, für 5 eine Reduzierung und für 3 eine Erhöhung des Individualrisikos. Letztere war im Bereich »Steine und Erden« so beträchtlich (+ 50%), daß sich der Durchschnitts-

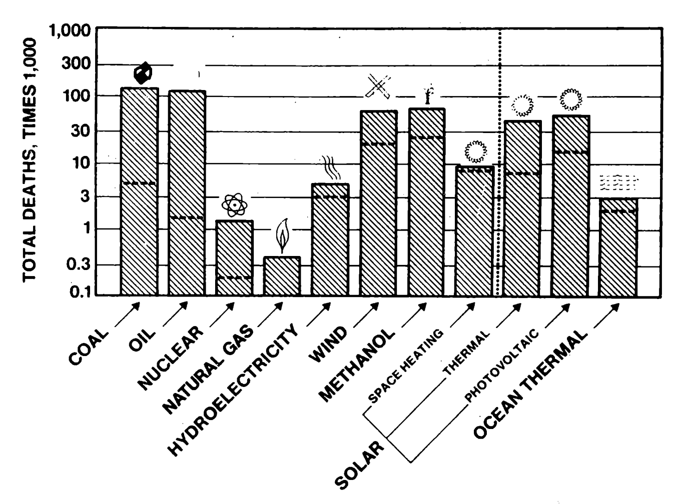


Bild 3: Zahl der Toten insgesamt (Summe von Bild 1 und 2) je MWa erzeugter elektrischer Nettoleistung für verschiedene Technologien (aus [3]).

wert leicht erhöht hat. Der Unterschied zwischen »Bergbau« und »Gesundheitsdienst« beträgt unverändert mehr als eine Größenordnung.

In Tabelle 2 sind weitere Individualtodesrisikowerte für die beiden betrachteten Jahre zusammengestellt. Auf die erfreuliche und beachtliche Reduzierung des Wertes für die Teilnahme am Straßenverkehr ist besonders hinzuweisen. Interessant ist im Hinblick auf die Werte in Tabelle 2, daß sich aus der altersabhängigen Sterbewahrscheinlichkeitskurve ohne Unfall, Mord und Selbstmord ein kleinster Wert von 2×10^{-8} Tote je Person und Stunde ergibt.

Sehr häufig findet man in der Literatur Angaben über individuelle Todesrisiken, bei denen die unterschiedlichen Gefahrenexpositionszeiten nicht berücksichtigt sind. Solche Angaben müssen – insbesondere, wenn sie zu Vergleichen dienen – unredlich genannt werden.

Betrachtet man die Schadensrisikowerte in den Tabellen 1 und 2, die ja die tatsächlichen Auswirkungen der Technik beinhalten, so ergibt sich eine Bandbreite zwischen 1×10^{-8}

Gefahrenquellen statistisch gesehen

Verschiedene Todesrisikowerte je Person und Expositionsstunde (alle Werte in der Tabelle sind noch mit 0,000 000 01 zu multiplizieren)

Berufstätigkeit	Risikowerte 1970	Risikowerte 1977
– Bergbau	30	30
– Verkehr	30	30
– Bau	20	20
– Steine und Erden	10	15
– Gas und Wasser	6	4
– Eisen und Metall	6	7
– Holz- und Schnitzstoff	6	4
– Nahrungs- und Genußmittel	6	6
– Papier und Druck	5	5
– Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik	4	4
– Chemie	4	3
– Handel, Geld und Versicherungswesen, Dienstleistungen	4	5
– Textil und Leder	3	2
– Gesundheitsdienst	2	1
– Durchschnittswert	7	8

Tabelle 1: Berufsrisiken 1970 und 1977

und rund 100×10^{-8} Tote je Person und Stunde, mit der wir heute und noch auf lange Zeit leben müssen.

Interessant erscheint darüber hinaus die Frage, wie groß der Risikowert dafür ist, daß mehrere Personen gleichzeitig tödlich verunglücken. Die Ermittlung solcher Werte in der Art und Qualität, wie sie vom Verfasser für Individualrisiken angegeben wurden, ist aus vorhandenem Datenmaterial nicht möglich. Anhalte lassen sich aber aus einer Studie gewinnen(6), die das Institut für Unfallforschung des TÜV Rheinland im Auftrag des Bundesministers für Forschung und

Gefahrenquellen statistisch gesehen

Verschiedene Todesrisikowerte je Person und Expositionsstunde (alle Werte in der Tabelle sind noch mit 0,000 000 01 zu multiplizieren)

	Risikowerte	
	1970	1977
Teilnahme am Straßenverkehr	50	35
Haushalt und Freizeit	5	5
Blitzschlag (nur bei Aufenthalt im Freien und im Einwirkungsbereich eines Gewitters)	80	30
Bösartige Neubildungen		
– insgesamt	30	30
– der Luftröhre, Bronchien und Lunge	4	4
– der Schilddrüse	0,1	0,2
Leukämie	0,8	0,9
Angeborene Mißbildungen	0,8	0,6
Staudammbruch (nur bei Aufenthalt im Bereich der ausströmenden Wassermassen)	1	1

Tabelle 2: Verschiedene Risiken 1970 und 1977

Mittlere Unfallhäufigkeit pro Jahr mit mehr als 5 Toten je Unfall zu der mit 1 Toten je Unfall

1 : 156	im Bereich der Binnenschiffahrt
1 : 157	im Bereich der Seeschiffahrt
1 : 34	im Bereich der allgemeinen Luftfahrt mit Flugzeugen bis zu 5,7 t Gesamtgewicht
1 : 154	im Bereich der Deutschen Bundesbahn

Tabelle 3

Technologie 1979 angefertigt hat. Man ermittelt aus dieser Studie die in Tabelle 3 angegebenen Verhältnisse. Aus diesen Verhältnissen läßt sich ganz grob schließen, daß Gruppenrisikowerte im Verkehrsbereich um 2 Größenordnungen geringer sind als Individualrisikowerte. Daraus ergibt sich für die Bundesrepublik Deutschland als Risikoträger ein Risikowert von 1×10^{-2} pro Stunde dafür, daß mehr als 5 Personen gleichzeitig durch einen Verkehrsunfall getötet werden.

Risiken durch Kernkraftwerke

Was kann man nun zum Vergleich mit den im vorhergehenden Kapitel genannten Schadensrisikowerten aus der deutschen Risikostudie Kernkraftwerke(7) entnehmen?

Der höchste individuelle Todesrisikowert in der Umgebung eines Kernkraftwerkes moderner Bauart mit Leichtwasserreaktor ist um rund 3 Größenordnungen kleiner als der untere Wert der im vorhergehenden Kapitel genannten Bandbreite.

Der Risikowert für die Bundesrepublik Deutschland dafür, daß durch einen Unfall bei irgendeinem von 25 in Betrieb befindlichen modernen Kernkraftwerken mehr als 5 Personen gleichzeitig getötet werden, liegt mit maximal 50×10^{-8}pro Stunde um reichlich 4 Größenordnungen unter dem im vorhergehenden Kapitel genannten entsprechenden Wert für Verkehrsunfälle. Nicht übersehen werden darf aber, daß der vorgenannte Risikowert für unser Land je Stunde ebenso groß ist, wie der mittlere Wert der Bandbreite für eine Einzelperson je Stunde. Zusammen mit den in (6) abgeschätzten Maximalfolgen eines schweren Kernkraftwerksunfalls ist dies, trotz der außerordentlich niedrigen Wahrscheinlichkeit für den Extremfall, offensichtlich eine wesentliche Ursache für die Furcht vieler Bürger in unserem Land vor einer wachsenden Nutzung der Kernenergie zur Deckung unseres Elektrizitätsbedarfs.

Die deutsche Risikostudie zeigt aber auch, daß der Verzicht

auf den Betrieb von Kernkraftwerken in unserem Land unser diesbezügliches Risiko nicht verschwinden ließe, weil Unfälle bei Kernkraftwerken in unseren Nachbarländern sich auch unmittelbar auf unser Land – in Extremfällen sogar sehr stark – auswirken können.

Die extremen Unfallfolgen – nach Meinung des Verfassers Hauptursache für die Ängste der Bürger – sind mit den Freisetzungskategorien 1 bis 3 verbunden. Es sollte deshalb intensiv und so schnell wie möglich geprüft werden, ob ein Kernkraftwerkskonzept zu realisieren ist, das mit Sicherheit, das heißt naturgesetzlich bedingt, maximale Freisetzungen aufweist, die um 2, besser noch um 3 Größenordnungen kleiner sind. Lediglich eine weitere Reduzierung der Wahrscheinlichkeit für das Eintreten der Freisetzungskategorien 1 bis 3, zum Beispiel durch eine unterirdische Bauweise, führt nicht zu einer Verringerung der Angst und ist deshalb sinnlos.

Folgerungen

Zu einer größenordnungsmäßig zutreffenden Ermittlung der Schadensrisiken technischer Anlagen und Einrichtungen zur Energiebedarfsdeckung sind wir heute in der Lage. Es ist notwendig und nützlich, unsere Kenntnisse auf diesem Gebiet zu vertiefen, denn Schadensrisikoanalysen können uns zeigen, welche Technologien und Techniken im Hinblick auf das damit verbundene Schadensrisiko am günstigsten sind. Unseriöse Analysen mindern das Vertrauen der Nichtfachleute zu dieser technisch-wissenschaftlichen Methodik und deren Anwender erheblich.

Das mit Kernkraftwerken verbundene Schadensrisiko ist extrem gering und liegt weit unterhalb der Risiken, mit denen wir heute und in Zukunft leben müssen, aber auch leben können. Die Aussage »extrem gering« trifft auch für den Bereich extremer Unfallauswirkungen wegen der außerordentlich geringen Eintrittswahrscheinlichkeit zu. Die meisten Bürger

sind aber nicht bereit, diese richtige Aussage zu akzeptieren. Die Furcht vor den katastrophalen Auswirkungen allein ist dominierend. Zutreffend ist ja auch, daß in diesen Fällen der bisherige Risikoerfahrungsbereich verlassen wird. Eine breite Akzeptanz der Kernenergienutzung in unserer Bevölkerung ist deshalb durch Schadensrisikoanalysen allein nicht zu erreichen.

Die heute üblichen Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung, aber auch künftige Wind- und Sonnenkraftwerke können nach dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik nicht so extreme Unfallauswirkungen haben wie Kernkraftwerke. Schadensrisikoanalysen für solche Anlagen sind deshalb nicht dringend erforderlich. Es sollte intensiv und so schnell wie möglich geprüft werden, ob ein Kernkraftwerkskonzept zu realisieren ist, das naturgesetzlich bedingt erheblich geringere unfallbedingte Freisetzungen radioaktiver Stoffe aufweist als die heute üblichen Kernkraftwerke.

In Genehmigungsverfahren zur Entsorgung der Kernkraftwerke sollten partielle Risikoanalysen herangezogen werden, um die besten Schutzstrategien zu finden und das Risiko nicht signifikant reduzierende Maßnahmen zu unterlassen.

Neben der wissenschaftlich begründeten Überzeugung vom ausreichend geringen Risiko der Kernenergienutzung in unserem Lande zwingen die absehbare Entwicklung des weltweiten und nationalen Energiebedarfs und seiner möglichen Deckung und die Kenntnis der vielfältigen Folgen von Energiemangel aus den Kriegs- und Nachkriegsjahren den Verfasser zu dem Bekenntnis: Die Nutzung der Kernenergie in unserem Lande muß sofort, stetig und mit der gebotenen Vorsicht weiter ausgebaut werden.

Literaturverzeichnis

(1) Lindackers, K. H.: Die Bedeutung technischer Risiken. atw *19* (1974) Heft 6, S. 284–288
(2) Lindackers, K. H.: Grenzen und Nutzen von Risiko-Analysen aus der Sicht des Gutachters. Atomkernenergie *33* (1979) S. 190–191
(3) Inhaber, H.: Risk of Energy Production. AECB 1119 / REV-1, 2. Auflage, Ottawa, Kanada, Mai 1978
(4) Oberbacher, B.: Ist Sonnenenergie gefährlicher als Kernenergie? Umschau 79 (1979) Heft 20, S. 644–645
(5) Schnadt, H. et. al.: Persönliche Mitteilungen. TÜV Rheinland, Institut für Unfallforschung
(6) Kompart, J., Kvasnicka, E., und Schlömer, L.: Tödliche Unfälle in der Bundesrepublik Deutschland. TÜV Rheinland, Institut für Unfallforschung, Köln, April 1979
(7) Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke, Hauptband. Herausgeber: Der Bundesminister für Forschung und Technologie. Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln, 1979

Energie und Umwelt

Hermann Flohn

Aus der Diskussion der letzten Jahre ist wohl genügend deutlich geworden, daß wir das Energieproblem nicht isoliert sehen dürfen, sondern nur in seiner Einbettung in die weiteren Felder der Wirtschaft, der Gesellschaft und der Umwelt. Das Risiko der Kernenergie wird von zahlreichen Gruppen mit teils rationalen, teils emotionalen Argumenten vertreten. Das Risiko einer alternativen, auf fossile Brennstoffe konzentrierten Energiepolitik – die in einem Lande mit beachtlichen Reserven an Steinkohle und Braunkohle natürlich von massiven Interessen unterstützt wird – wird demgegenüber vielfach nicht in seinem vollen Gewicht erkannt, neuerdings nicht selten totgeschwiegen. Das geschieht, obwohl eine von den UN-Organisationen veranstaltete Experten-Konferenz (*World Climate Conference*, Februar 1979 in Genf) in einer Deklaration nachdrücklich auf die Konsequenzen hingewiesen hat, die der unaufhaltsame Anstieg des CO_2-Gehalts der Atmosphäre für das Klima der ganzen Erde und damit für Ernährung (Landwirtschaft, Fischerei) und Wirtschaft hat. Zwar ist dieser CO_2-Anstieg nur ein Teil der zahlreichen Eingriffe des Menschen in den natürlichen Haushalt und das globale Klimasystem, aber er ist – darüber sind sich die Experten heute einig – mit Abstand der wichtigste. Nachdem die USA inzwischen ein Klimaforschungsprogramm mit einem Jahreshaushalt von 60 bis 100 Mill. Dollar verabschiedet haben, und im Anschluß daran die Kommission der Europäischen Gemeinschaft ein ähnliches Programm vorbereitet, kommt es jetzt auch in der Bundesrepublik zu einer ähnlichen Initiative. In diesem Vortrag möchte ich über die wichtigsten Aspekte dieses Problems berichten, im Anschluß an einen umfassenden Überblick, der für das – von 17 Ländern West- und Osteuropas getragene –

International Institute of Applied Systems Analysis in Laxenburg bei Wien bearbeitet wurde (Flohn 1979).

Seit etwa 10 Jahren (SMIC-Report 1971, GARP-Report 1975) haben sich immer mehr weitblickende Wissenschaftler der verschiedensten Disziplinen (Klimatologie, Physik und Chemie der Atmosphäre, Ozeanographie, Glaziologie, Biologie und Erdwissenschaften) mit dem Problem der *»anthropogenen Klimamodifikation«* befaßt. Tatsächlich beeinflußt der Mensch – zunächst im lokalen Größenbereich – das Klimasystem, in dem Atmosphäre, Ozean, Eis und Schnee, Boden und Vegetation mit all ihren Wechselbeziehungen zusammenwirken: Umwandlung der natürlichen Wälder und Grasländer in landwirtschaftliche Anbauflächen und Weidegebiete, Ausweitung der Wüsten in ihre semiaride Umgebung (Desertifikation), Stauseen und Bewässerung, Versiegelung des Bodens durch Siedlung, Verkehr, Industrie und nicht zuletzt die Zufuhr zahlreicher Spurengase in Atmosphäre und Ozean. Die heutige Zunahme des CO_2-Gehaltes (jährlich etwa 0,5%) vollzieht sich sehr allmählich, aber ihr Klimaeffekt muß sehr ernst genommen werden, wenn wir das Überschreiten gewisser Schwellenwerte zulassen.

Klimaschwankungen – die es immer gegeben hat – und Modifikationen spielen sich zwar in der Atmosphäre ab, sind aber nicht auf diese beschränkt. Sie werden in dem erwähnten Klimasystem erzeugt; die charakteristische Zeitskala seiner Subsysteme variiert zwischen wenigen Tagen (Atmosphäre) und Jahrmillionen (Antarktis-Eisdom). Zu den internen, meist nichtlinearen Wechselwirkungen treten externe Effekte – Vulkanausbrüche oder die Änderungen der Zustrahlung von der Sonne – hinzu; diese sind aber zur Zeit noch völlig unvorhersagbar. Von besonderem Interesse sind zwei der empfindlichsten *internen Wechselwirkungen*:

a) zwischen Atmosphäre, Ozean und dem Treibeis der Arktis und Subantarktis (im Frühjahr jeweils rund 13 bzw. 22 Mill. km^2),

b) zwischen Atmosphäre und Ozean in den Aufquellgebieten am Äquator und längs einiger Küsten (Kalifornien, Peru, Angola, NW-Afrika u. a.).

Im Gegensatz zu dem dünnen, durchbrochenen Treibeis verursacht der hochvereiste antarktische Kontinent (14 Mill. km^2 einschließlich Eisschelfe) eine deutliche Asymmetrie der Zirkulation von Atmosphäre und Ozean auf beiden Halbkugeln, die sich in der Breitenlage der großen *Klimagürtel* auswirkt. Die teilweise Instabilität dieses Antarktiseises kann Schwankungen des Meeresspiegels (siehe später) verursachen.

Vom Menschen herrührende (d. h. externe) Einwirkungen auf das Klima sind längst bekannt im *lokalen* Bereich (durch direkte Wärmezufuhr, Luftverschmutzung, Änderung der Reflexion [= Albedo] der Bodenoberfläche, Wärmespeicherung im Boden). Ebenso wichtig sind Eingriffe in den Wasserhaushalt: Bewässerung, Beschleunigung des Abflusses in Siedlungen, Nutzung von erneubarem oder fossilem Grundwasser. Aber in größerem Rahmen stehen eindeutig CO_2 und andere Spurengase im Vordergrund, die sich infolge der atmosphärischen Austauschvorgänge rasch über die ganze Erde verbreiten, mit einer langen Verweilzeit (zwischen 5 und über 50 Jahre). Absorption von Teilen der infraroten Wärmestrahlung von Sonne und Erdoberfläche durch die Gase erzeugt einen kombinierten *Glashauseffekt*, der die Troposphäre (bis etwa 12 km) erwärmt, die Stratosphäre abkühlt. Die besten verfügbaren Strahlungsmodelle liefern bei Verdoppelung des CO_2-Gehalts eine Erwärmung in Bodennähe von rund 2 °C in niedrigen und mittleren Breiten; diese nimmt in der Polarzone auf 5 bis 10 °C zu, als Folge der Wechselwirkung zwischen Schnee und Eis, Albedo und Temperatur. Dabei addieren die übrigen Spurengase (vor allem N_2O als eines der Endprodukte der Stickstoffdünger) vielleicht 50% zu der Wirkung des CO_2 hinzu (Wang u. a. 1976): das beschleunigt die erwartete globale Erwärmung.

Im Zusammenhang mit dem enormen Programm der Koh-

leveredlung in den USA hat der wissenschaftliche Berater des Präsidenten, der Geophysiker F. Press, ein unabhängiges Gremium von Experten, die *nicht* an den früheren Gutachten beteiligt waren, beauftragt, diese Gutachten kritisch auf Lükken und Fehlinterpretationen zu überprüfen. Diese Überprüfung liegt inzwischen vor (Science 206, 1979, S. 912): sie hat die früheren Ergebnisse nicht nur bestätigt, sondern noch verschärft. Die mittlere Erwärmung bei einer Verdoppelung des CO_2-Gehalts wird (in Übereinstimmung mit der oben erwähnten Korrektur) nunmehr auf 3 °C geschätzt.

Der CO_2-Gehalt der Luft hat zugenommen, von etwa 295 ppm (10^{-6} Volumanteile) gegen Ende des 19. Jahrhunderts auf rund 335 ppm heute (J. Williams 1978.) Dabei schwankt die jährliche Wachstumsrate zwischen 1 und 2 ppm, offenbar unter der Einwirkung des oben (b) genannten, sehr variablen Aufquellens der äquatorialen Ozeane. Leider ist unser Wissen von dem *Kohlenstoffzyklus* in Luft, Meer, Biosphäre und Sediment noch sehr begrenzt; viele Kenngrößen des Austauschs zwischen den Ökosystemen des Landes (Wälder, Böden) und innerhalb des Ozeans sind nur ungenau bekannt (SCOPE Vol. 13). Sehr wahrscheinlich werden die tropischen Regenwälder schneller abgeholzt, als die übrigen Wälder nachwachsen können, und bilden somit eine Quelle von CO_2 statt einer Senke. Ähnliches gilt offenbar für den CO_2-Haushalt der Böden. Die Aufnahmekapazität des Ozeans ist begrenzt wegen des langsamen Austauschs zwischen der oberen Mischungsschicht und dem viel mächtigeren tiefen Ozean; sie wird in Zukunft allmählich weiter reduziert durch Ansäuerung (durch SO_2-haltigen Regen) und die globale Erwärmung. Bei dieser Sachlage ist es unmöglich, unter der Annahme verschiedener Alternativen der wirtschaftlichen Entwicklung und der Energiepolitik die *langfristige* Entwicklung des CO_2-Gehalts über 50 Jahre hinaus (zahlenmäßig) vorherzusagen. Aber unabhängig von dem Zeitfaktor kommen alle neuen Modellrechnungen, die ein Freisetzen von CO_2 durch Entwaldung einbezie-

hen, zu einem sehr ähnlichen Ergebnis: Wenn wir auf Kernenergie verzichten, den bisherigen Energieverbrauch vergrößern oder beibehalten (er wird in den Entwicklungsländern auf jeden Fall weiter wachsen) und ausschließlich fossile Brennstoffe verwenden, wird der CO_2-Gehalt der Luft um einen *Faktor 6–8* (!) ansteigen.

Die Mitteltemperatur der Erdoberfläche (rund 15 ° C) hat sich von 1880 bis 1940 um nahezu 1 ° C erhöht; seither ist sie, auf der Nordhalbkugel, um etwa 0,4 ° C abgesunken. In hohen Südbreiten scheint eine schwache Erwärmung vorzuherrschen. Eine aus den Modellrechnungen zu erwartende, CO_2-bedingte Erwärmung um 0,2 bis 0,3 °C bleibt noch im Bereich der natürlichen Fluktuationen, im »statistischen Rauschen« des Klimas. Die derzeitige Abkühlung ist wahrscheinlich z. T. zurückzuführen auf das Ansteigen der (bis jetzt nur mäßigen) vulkanischen Aktivität seit 1948; diese war nach 1912 stark reduziert.

An dem Aufbau wirklich umfassender *Klimamodelle* – die das gesamte Klimasystem mit all seinen Wechselwirkungen umfassen sollten – wird intensiv gearbeitet; das Problem ist aber derart komplex, daß wir eine rasche Lösung nicht erwarten dürfen. Statt dessen möchte ich hier ein *Szenarium* vorstellen, das auf einer kritischen Auswertung der *Warmphasen* der *erdgeschichtlichen Vorzeit* beruht. Ein solches Szenarium kann als »bedingte Vorhersage« benutzt werden, soweit die natürlichen Faktoren *konstant* bleiben. Daher müssen wir voraussetzen:

a) Konstanz der Sonnenstrahlung,
b) keine Häufung großer Vulkanausbrüche,
c) keine Änderung des (west-)antarktischen Eisschildes,
d) keine Änderung der Bewölkung.

Darüber hinaus müssen die Änderungen der terrestrischen *Randbedingungen* seit dem Zeitpunkt der herangezogenen Warmphasen (Änderungen der Land-See-Verteilung und des Meeresspiegels, der Vegetation und Gebirgsbildung) berücksichtigt werden.

Während der frühmittelalterlichen Warmphase zog sich das Treibeis um Grönland zurück, wahrscheinlich bis etwa 80° Breite; das führte zu einer Verlagerung der Zyklonenzugbahnen nach N und zu häufigen Hochdruckwetterlagen mit Dürren in Mittel- und Westeuropa. Zahlreiche Befunde belegen für das *Klimaoptimum* um 6000 vor heute das Vorwiegen feuchterer Klimate selbst in dem riesigen Trockengürtel der »Alten Welt«, wo sich anstelle der heutigen Wüsten semiaride Grasländer ausdehnten, die von rinderzüchtenden (!) Nomaden ziemlich dicht bewohnt waren (Museum Köln). Bei diesem Beispiel müssen die Änderungen infolge natürlicher und anthropogener Vorgänge berücksichtigt werden: der damals noch im Gange befindliche Rückzug des nordamerikanischen Inlandeises, aber auch das Einsetzen der Desertifikation zugleich mit der neolithischen Landnutzung. Unter den heutigen Randbedingungen kann die Wiederkehr eines feuchten Sahara-Klimas in dieser Phase mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Eine Erwärmung um 2 bis 2,5 °C entspricht der wärmsten *Zwischeneiszeit* (Interglazial) des sog. *Eem,* vor rund 120000 Jahren, mit markanten Verlagerungen der Vegetationsgrenzen, aber auch der Küstenlinien: damals lag der Meeresspiegel weltweit 5 bis 7 m höher, wahrscheinlich als Folge eines teilweisen Abbaus des West-Antarktis-Eises. Ebenso wie in der holozänen Warmphase war das Klima mindestens zeitweilig nahezu überall feuchter als heute. Unter der Voraussetzung einer signifikanten Erhöhung des Glashauseffektes entspricht dieses Klima einem realen CO_2-Niveau von 550 (± 10%) ppm. Die Erwärmung der Arktis sollte in diesem Falle 6 bis 8 °C erreichen, womit das arktische Treibeis auf seinen zentralen Kern (4 bis 5 Mill. km^2) zwischen Sibirien und Kanada reduziert wird; das führt zu einer Verlagerung aller Klimagürtel um einige 100 km nach Norden.

Ein Anwachsen des Meeresspiegels um 5 bis 7 m – wie im Eem-Interglazial – könnte auch in Zukunft eintreten, als

Tabelle: Kombinierter Glashauseffekt, CO_2-Gehalt (in ppm) und paläoklimatische Warmphasen in Abhängigkeit von der globalen Temperaturänderung Δ T.

ΔT	Paläoklimatische Warmphasen	virtueller CO_2-Gehalt[1]	realer CO_2-Gehalt
+1,0 °C	Frühmittelalter (ca. 1000 n. Chr.)	420–490	385–420
+1,5 °C	Holozänes Klima-Optimum (ca. 6000 Jahre vor heute)	475–580	420–490
+2,0 °C	Eem-Interglazial (i.e.S., 120000 Jahre vor heute)	530–670	460–555
+2,5 °C		590–760	500–610
+4,0 °C	Eisfreier Arktischer Ozean (Jungtertiär, vor 12–2,5 Millionen Jahren)	780–1150	630–880

1 CO_2-Glashauseffekt einschließlich eines 50%-Zuschlages als Folge der additiven Rolle der infrarot-absorbierenden Spurengase. Der (zu Δ T äquivalente) CO_2-Gehalt ist abgeleitet aus zwei extremen Versionen des Augustsson-Ramanathan-Modells (1977); der wahrscheinliche Wert liegt zwischen den Extremen.

Folge eines möglichen Abbaus des westantarktischen Eisschildes, der großenteils (poteniell instabil) auf einem Felssockel unter dem Meeresspiegel aufsitzt und bei einer (lokalen) Erwärmung um etwa 5 ° C ins Schwimmen geraten kann (Mercer 1978). Über die Zeitdauer und die näheren Umstände eines solchen Ereignisses wird ein z. Zt. in Vorbereitung befindliches Forschungsprogramm der USA Aufschluß geben; eine unmittelbare Gefahr besteht offenbar *nicht.* Ein analoges Ereignis beim Rückzug des amerikanischen Inlandeises nach der letzten Eiszeit, vor etwa 8000 Jahren, benötigte rund 200 Jahre, während der der Meeresspiegel in England um 7 m stieg – das sind im Mittel 3,5 cm/Jahr, etwa 30mal soviel wie heute. Die Klimaverschlechterung am Ende des Eem-Intergla-

zials wurde anhand der Pollen in einem fossilen Torfmoor am Südrand der Vogesen untersucht; der Übergang von einem dem heutigen Klima entsprechenden Wald zu einem Birken-Kiefern-Wald wie heute in Mittelschweden (60.–65° N) vollzog sich in rund 150 Jahren, im entscheidenden Abschnitt sogar in etwa 20 Jahren (Woillard 1979). Ähnliche Befunde in einem früheren Interglazial gibt es in der Lüneburger Heide (Müller in W. Bach u. a. 1979).

Wenn der reale CO_2-Gehalt auf 750 ppm (± 16%) ansteigen sollte, entspricht dem eine globale Erwärmung um etwa 4° C. Übereinstimmend ergibt sich aus stark vereinfachten Modellrechnungen und paläoklimatischen Untersuchungen, daß dieses Niveau etwa der *kritischen Schwelle* entspricht, jenseits deren das dünne *arktische Treibeis* – mit einer mittleren Dicke von etwas über 3 m – völlig *verschwindet.* Diese dünne, durchbrochene Treibeisdecke reagiert höchst empfindlich auf die Änderung mehrerer Klimafaktoren: Dauer der sommerlichen Schmelzperiode, Wärmestrom vom Ozean her, Zunahme des Salzgehalts der obersten Ozeanschicht infolge der beabsichtigten Nutzung von 25 bis 30% des Süßwassers der sibirischen Ströme zu Bewässerung in Zentralasien (Hollis 1978). Wegen dieser hohen Empfindlichkeit würde dieses Verschwinden wahrscheinlich nicht mehr als wenige Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Während einer Übergangsperiode dürfte das Meereis zunächst im Spätsommer/Herbst abschmelzen und sich – als jahreszeitliches Eis mit einer Dicke von nur mehr um 1 m – im Laufe des Winters neubilden (Manabe und Stouffer). Zweifellos führt aber die Speicherung der 24stündigen sommerlichen Sonneneinstrahlung in der seichten, salzarmen Deckschicht des Meeres rasch zu so hohen Wassertemperaturen, daß ein erneutes Zufrieren mindestens im zentralen Teil verhindert wird; die erwähnte Einwärmung um 4° C ist dann sicher ein Minimum. Die umfangreichen Ergebnisse des internationalen Tiefsee-Bohr-Programms mit dem »Glomar Challenger« haben gezeigt, daß der (ost-)*antarktische Konti-*

nent bereits seit 12 bis 14 Mill. Jahren vor heute *vergletschert* war, mit derselben (oder einer noch höheren) Mächtigkeit als heute. Im Gegensatz hierzu war der *Arktische Ozean* bis zu einem ersten Zufrieren vor etwa 2,5 Mill. Jahren permanent *eisfrei.*

Diese Entdeckung (Kennett 1977) kam ziemlich überraschend: ein derartiger Gegensatz zwischen einem hochvereisten Kontinent an einem Pol und einem völlig eisfreien Ozean am anderen Pol muß eine *Asymmetrie* der atmosphärischen und ozeanischen Zirkulation auf beiden Halbkugeln hervorgerufen haben, die noch stärker war als die heute beobachtete. Nicht weniger als 10 Mill. Jahre lang hat ein antarktischer Eisdom von gleicher (oder größerer) Mächtigkeit wie heute bestanden, zugleich mit einem eisfreien Arktischen Ozean, an dessen Ufern bis 81–83 ° Nordbreite hinauf – anstelle der heutigen Tundra mit ihrem dauernd gefrorenen Boden – Birken-Kiefern-Wälder wuchsen.

Eine entsprechende, heute nur schwer vorstellbare *Asymmetrie* der *Klimazonen* läßt sich in der Tat für diesen Zeitraum (des Jungtertiärs) belegen. Die südhemisphärische Trockenzone reichte bis in Äquatornähe, der meteorologische und Wärmeäquator lag auf etwa 10 ° N, wobei sich der äquatoriale Regengürtel auf 0–20 ° N konzentrierte. Der nördliche Trokkengürtel verlagerte sich bis in 35–45 ° N und erfaßte z. T. noch das südliche Mitteleuropa: im Wiener Becken bildeten sich damals Salzpfannen wie heute in den Schotts von Südtunesien. Diese Verlagerung ist eine einfache Folge der fundamentalen Zirkulationsgesetze, wie sie V. Bjerknes 1897 formuliert hat: mit einer Abnahme des Temperaturgegensatzes Äquator–Nordpol muß sich die Fläche der tropisch-subtropischen Zirkulation, ausdehnen, während der Westwindgürtel der gemäßigten und subpolaren Breiten zum Pol hin schrumpft.

Eine detaillierte Vorhersage der regionalen Klimate im Falle einer so weitgehenden Erwärmung ist heute noch nicht

möglich, da umfassende Modelle des gesamten Klimasystems fehlen und auch nicht in wenigen Jahren entwickelt und verifiziert werden können. Eine einfache Extrapolation aus dem Klima des Jungtertiärs ist nicht zulässig – dagegen spricht die inzwischen eingetretene Verschiebung vieler Meeresküsten und die Heraushebung fast aller heutigen Gebirge. Aber die *Stabilität* dieses asymmetrischen Klimas mit unipolarer Vereisung über 10 Mill. Jahre hinweg ist eine Tatsache. Eine Rückkehr zu diesem Zustand (bei einer Zunahme des CO_2-Gehalts nur um einen Faktor 2,5–3) müßte – nach einer Serie katastrophaler Wetterextreme (besonders Dürren) – zu einer *Verlagerung* aller *Klimazonen* der Erde um 400–800 km führen. Diese Verlagerung betrifft die gesamte Menschheit – sie wird in manchen Gebieten als vorteilhaft empfunden werden, aber in vielen anderen Gebieten als Katastrophe, begleitet von drastischen Änderungen der Wasserversorgung und der landwirtschaftlichen Produktivität. Bei einer voraussichtlichen Weltbevölkerung von mindestens 8 bis 10 Milliarden ist Auswanderung keine Lösung.

In den letzten 8 bis 10 Jahren hat die Möglichkeit einer solchen Entwicklung die wenigen Spezialisten auf dem Gebiet der Klimatologie zunehmend alarmiert. Diese Disziplin wurde inzwischen radikal erneuert: sie hat die Aufgabe einer interdisziplinären Antwort auf eines der schwierigsten und tiefgreifendsten Menschheitsprobleme des nächsten Jahrhunderts. Auf der eingangs erwähnten Welt-Klima-Konferenz haben die anwesenden Experten aus Ost, West und Süd, darunter viele Spezialisten auf dem Gebiet der Land- und Forstwirtschaft, Fischerei und Volkswirtschaft, sich einstimmig dafür ausgesprochen, daß es (wegen der oben geschilderten Kenntnislükken) verfrüht wäre, dieses Problem unverzüglich einer UN-Konferenz der politischen Entscheidungsträger vorzulegen, daß vielmehr so rasch wie möglich ein umfassendes *Klimaforschungsprogramm* mit höchster Dringlichkeitsstufe in Gang gesetzt werden soll. Wenn wir uns die verschiedenen Alterna-

tiven der Energiepolitik vor Augen führen (Häfele), dann ist es meine feste Überzeugung (als Wissenschaftler, der dieses CO_2-Problem seit über 40 Jahren verfolgt hat), daß das *Risiko* der Entwicklung eines unipolaren *Warmklimas* mit *eisfreier Arktis* die Grenzen des Verantwortbaren überschreitet. Dieses Risiko ist wegen seiner weltweiten Konsequenzen für die gesamte Menschheit *größer* als jedes denkbare Risiko der Kernenergie, das wenigstens technologisch auf ein Minimum reduziert werden kann.

Literaturverzeichnis:

W. Bach, J. Pankrath, W. Kellogg (Eds.): Man's Impact on Climate. Developments in Atmospheric Science, Vol. 10. Elsevier, Amsterdam 1979, XXIII + 327 S.

H. Flohn: Possible Climatic Consequences of a Man-Made Global Warming. International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Austria, Working Paper WP-79-86 (1979), XI + 108 S.

GARP-Report (B. Bolin, Ed.): The Physical Basis of Climate and Climate Modelling. GARP Publication Series, World Meteorological Organization (Genf) No. 16 (1975), XXIII + 265 S.

W. Häfele: Vortrag 9. 10. 1979 (EC-Conference on Energy Systems Analysis, Dublin); Energy in a Finite World - A Global Systems Analysis (to appear early in 1980).

Museum der Stadt Köln: Sahara - 10000 Jahre zwischen Wüste und Weide. Handbuch zu einer Ausstellung. Köln (1978), 470 S.

SCOPE Vol. 13: The Global Carbon Cycle (Eds. B. Bolin u. a.). J. Wiley, London (1979), XXXV + 491 S.

SMIC-Report: Report of the Study of Man's Impact on Climate. MIT Press, Cambridge and London 1971, XXI + 308 S.

J. Williams (Ed.): Carbon Dioxide, Climate and Society. Proceedings of a IIASA Workshop cosponsored by WMO, UNEP, and SCOPE. Pergamon Press, Oxford 1978, X +332 S.

T. Augustsson, V. Ramanathan: Journ. Atmos. Sciences *34* (1977), 448–457.

G. E. Hollis: Geographical Journal *144* (1978), 62–80.

J. P. Kennett: Journal of Geophysical Research *82* (1977), 3843–3860.

S. Manabe, R. J. Stouffer: Nature *282*, 491–493.

J. H. Mercer: Nature *271* (1978), 321–325.

W. C. Wang und Mitarbeiter: Science *194* (1976), 685–690.

G. Woillard: Nature *281* (1979), 558–562.

Umweltschutz als Vehikel für Kulturkritik. Der Kampf gegen Kernkraft als Stellvertreter-Konfliktstoff

Erwin K. Scheuch

1.

Vor zwanzig Jahren war noch nicht vorauszusehen, daß Umweltschutz einmal zu einer der wichtigsten Fragen des öffentlichen Lebens werden würde, ja, zu einer großen Belastung unseres politischen Systems. Man hatte nach den Ergebnissen der Meinungsforschung damals andere Sorgen: mehr Wirtschaftswachstum, mehr Wohnungen, Arbeitsplätze, Verbesserung des privaten Lebensstandards. Aus den USA erhielten wir dann Kunde über eine merkwürdige neue Bewegung: Ecology, später eingedeutscht als Ökologie. Noch Mitte der sechziger Jahre erschien dies als eine amerikanische Privatsache, die bei uns, die wir ja pfleglicher umgingen mit unseren Wäldern, mit unseren Städten als dies die Amerikaner mit ihren Ressourcen taten, des Anlasses entbehrte.

Als Willy Brandt dann Ende der 60er Jahre von dem blauen Himmel über der Ruhr sprach, war das Gegenstand für viele ironische Kommentare. In Wirklichkeit war das gar kein utopisches Versprechen, denn die Schmutzindustrien des 19. Jahrhunderts gingen ja fortwährend zurück. Bereits vor dem Wahlversprechen eines blauen Himmels war der Himmel blauer, übrigens auch in meiner Heimatstadt Köln, das früher von Braunkohlenstaub berieselt wurde. Noch bevor der Umweltschutz Thema wurde, waren die Emissionen um 90% gesenkt worden.

Und dann wurde binnen eines Jahres bei uns der Umweltschutz ein Thema, und zwar irgendwann im Winter 1970/71. Im September 1970 kannten den Begriff »Umweltschutz« nur 41% der Bundesbürger. Zwei Monate später waren es 53%, zwölf Monate später 92%. Unsere Demokratie reagierte

sofort. Durch Erlaß des Innenministers Genscher wurde der »Rat von Sachverständigen für Umweltfragen« berufen. Er sollte die Umweltbelastung fortwährend beobachten und Rat geben, was er auch mit zwei grundsätzlichen Gutachten 1974 und 1978 getan hat; hinzu kamen zahlreiche Sondergutachten. Die parlamentarischen Gremien antworteten auf diesen Umbruch im Winter 1970/71 ebenfalls mit schärferen Bestimmungen und Gesetzen für den Schutz der Umwelt. Teilweise sind dies Gesetze, die nicht recht durchführbar sind, weil die technischen Standards unklar blieben. Heute dürften die Klagen weniger das Fehlen von Bestimmungen oder deren unzureichende Strenge meinen als vielmehr die Schwierigkeiten der tatsächlichen Umsetzung vor Ort.

Die Berichterstattung ist heute in der Presse wesentlich grüner als die Bevölkerung. In der Bevölkerung ist Umweltschutz auch ein wichtiges Thema, aber bei weitem nicht mit der Intensität wie bei den Grünen. Nach Umfragen des Instituts für Demoskopie kommen auch heute noch die Sorgen über den Umweltschutz hinter wirtschaftlichen Sorgen und den Sorgen um die öffentliche Sicherheit oder den Beschwernissen der Geldentwertung oder der Steuern. Umweltschutz rangiert etwa gleichrangig mit Sorgen über die Zunahme von Suchtgefahren oder Problemen des Bildungswesens, eine wichtige mittlere Sorge. Immerhin galt für den defensiven Begriff Umweltschutz, was für den Halbzwilling Lebensqualität auch nicht annähernd zutraf: daß eine Mehrzahl der Bundesbürger die Sache als eine hautnahe Angelegenheit behandelten.

Die Angelegenheit hat eine höchstbedeutende Eigenschaft für die Politik. Sie ist eng verbunden mit moralischen Vorwürfen, denn die Verschlechterung der Umwelt ist Menschenwerk. Selbstverständlich gibt es auch und gelegentlich in lebensbedrohendem Ausmaße, Verschlechterungen menschlicher Lebensbedingungen durch Wandel in der Natur. Die spielen in den Industrieländern in der gegenwärtigen Diskussion keine besondere Rolle im Vergleich zu Umwelteinflüssen,

die interpretiert werden als Folge der Wirtschafts- und Lebensweise. Als Adressat für Vorwürfe eignen sich dann besonders die Konzerne, obgleich die weniger als die Hälfte der Umweltbelastung produzieren dürften. Umweltverschmutzung als Rücksichtslosigkeit ist nach Umfragen 1976 der wichtigste Vorwurf in der Bevölkerung gegen Großbetriebe. Wenn heute Rücksichtslosigkeit der Großindustrie beklagt wird, dann bedeutet das als konkreter Anhalt und als konkreter Vorwurf Umweltverschmutzung.

Die Umweltverschmutzung und der Umweltschutz eignen sich damit zur Wirtschaftssystembeschimpfung. Das Thema wird virulenter, weil die Beeinträchtigung der Umwelt häufig sogar mit eigenen Schuldgefühlen verbunden wird. »Im Grunde hat – neben der Industrie – natürlich jeder einzelne von uns eine Mitschuld an der Verschmutzung von Luft, Wasser und Landschaft.« Das wurde zu Beginn des Themas »Umweltschutz« bei uns befragt. Damals bekannten sich 44% unserer Mitbürger als mitschuldig an einem identifizierten Problem. Umweltschutz war zum Thema privater Gespräche geworden, so daß im September 1976 bereits drei Viertel aller Deutschen sagten, sie unterhielten sich öfters über dieses Thema. Das war also ein Thema, bei dem man sich mitschuldig fühlt, aber bei dem man die größeren Teile der Schuld und des Übels einem dritten anlasten kann, jemand großen und jemand, der Element des Wirtschaftssystems und Folge des politischen Systems ist.

2.

Glaubt man nun der Berichterstattung über den letzten Parteitag der SPD oder der Selbstdarstellung der Grünen, dann ist der Bau weiterer Kraftwerke die schlimmste Umweltbelastung. Das drückt aber nicht die Meinung der Bevölkerung aus. Hier bedeutet Umweltqualität zunächst einmal: Belastung durch Lärm. Lärm belästigt heute mehr als Verschmutzung,

und Lärm heißt in erster Linie Straßenlärm. Luftverschmutzung und Verschmutzung des Wassers sind die zweitwichtigsten Beschwernisse nach Meinung der Bevölkerung. In der Bevölkerung ist aber auch der Eindruck verbreitet, daß das System der Politik durchaus funktioniere, um auf Beschwernisse Abhilfe zu schaffen. Die Sorge um Umweltqualität läßt sich für die klassischen Beschwernisse nicht umsetzen in eine Ablehnung des politischen Systems.

Die Kernkraft aber tut es! Dieses Thema eignet sich, um verschiedene Gefühle und Vorstellungen zu bündeln in einer Anklage gegen das politische System: Zunehmende Bedeutung von Sorge um die eigene Gesundheit, die Schuldgefühle über die eigenen Lebensweisen und die gestiegenen Ansprüche an die Qualität der Umwelt. All dies läßt sich bündeln in dem Thema »Angst vor Atom«. Ökologie schrumpft im Bedeutungsgehalt zur Kernkraftpolitik.

Sorgen um das Atom und Atompolitik als Trennungslinie zwischen politischen Gruppierungen war früher einmal mindestens so dringend wie heute das Thema Atom als Energiequelle. Wohlgemerkt: Damals war die Sorge verbunden mit einer Trennungslinie, die zwischen politischen Parteien verlief. Heute ist die Sorge verbunden mit einer Trennungslinie, die durch die politischen Parteien geht, womit das Thema ein anderes Problem ist, als es damals war, nämlich, ein alternatives Angebot an die Bevölkerung, Partei A oder B zu wählen. Die Kernspaltung war verständlicherweise in den fünfziger Jahren ein zentrales Thema. Mit dem Abwurf der Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki war Atom gleichbedeutend mit Atombombe. Dennoch hielten damals 52% der Amerikaner die Kernspaltung für eine segensreiche Entdeckung. Ungeachtet der Atombombe ist also Anfang der sechziger Jahre das Atom überwiegend ein Versprechen und nicht eine Bedrohung.

Heute sind die »Ostermärsche« in Europa weitgehend vergessen, und doch waren Ende der fünfziger Jahre die Teilneh-

mer an den Ostermärschen zahlreicher und sie waren mindestens so leidenschaftlich wie heute die Kernkraftgegner. Was anders geworden ist, ist die Reaktion der Politik und nicht notwendigerweise die Reaktion der Aktivisten. Der harte Kern der Gegner von Kernspaltung hatte erst dann Resonanz in der Bevölkerung gefunden, als sich die Sorge um die Folge der Atombombentests verbreitete. Wissenschaftler bestätigten die weltweite Verbreitung des radioaktiven Niederschlags, selbst wenn der Atomtest weit entfernt vom eigenen Wohnort im Pazifik stattfand. 1957 ermittelten die Meinungsforscher in den USA, daß 70% für das bedingungslose Verbot der Weiterentwicklung von Wasserstoffbomben und gegen Tests seien. In der Bundesrepublik betrug die Zahl der Atombomben- und testgegner 92%. Der Protest gegen die Verseuchung der Luft wurde so stark, daß die damaligen Atommächte – ausgenommen Frankreich – den Stopp der Tests in der Atmosphäre vereinbarten.

Die Sorge um Gesundheit hatte die Kernspaltung zum Weltthema gemacht, nicht der Atomkrieg; der aber war motivierend für die Aktivisten. Was die Aktivisten damals motiviert hatte und was die Bevölkerung damals motivierte, waren mithin zwei verschiedene Dimensionen der Bedeutung von Atom. In einem Falle gilt das Atom als lebensvernichtend durch Explosion, im anderen Falle als etwas, was die Gesundheit beeinträchtigt.

Besonders wichtig für die heutige Kontroverse um die Kernspaltung ist die Stellvertreterrolle, die der Protest in westlichen Demokratien für die Bevölkerung in den Ländern des realen Sozialismus hatte. Dort waren ja die Meinungsäußerungen in der Öffentlichkeit gegen die eigene Regierungspolitik unmöglich, aber die Unhaltbarkeit der eigenen Politik wurde den Politikern der östlichen Regime stellvertretend an den Bewegungen hier im Westen deutlich. Heute begründen mit dieser Stellvertreterfunktion viele Grüne, warum sie gegen Regierungen nur im Westen anrennen. Die Stellvertreterfunk-

tion reicht aber doch nicht aus, um zu erklären, warum französische Kernkraftwerke an der bundesdeutschen Grenze schlecht sind und zu Protesten anregen, Kernkraftwerke der DDR jedoch unbeachtet bleiben. Frankreich hat für unsere Umweltprotestierer vor der DDR einen Vorzug: Man kann Frankreich sagen und das eigene System meinen.

Bis vor zehn Jahren konnte bei uns und in den meisten Industrieländern soviele Kernkraftwerke gebaut werden, wie es die Elektrizitätsfirmen und die Regierungen jeweils für notwendig hielten. Ich war 1974 Mitglied in einer Kommission zur Ermittlung des zukünftigen Energiebedarfs. Unser einziger Auftrag war herauszufinden, wieviel Kernkraftanlagen man mehr bauen sollte. Kernkraft war nicht nur unkontrovers, sondern galt als besonders begrüßenswert. 1971 ermittelte Wickert in der Bundesrepublik: 77% aller Bundesdeutschen waren der Meinung, die beste Quelle für Energie ist Kernkraft. In Ländern wie Schweden erhielten allerdings die Kernkraftwerke schon früher einen schlechten Ruf, während in der Bundesrepublik der Meinungsumschwung bei der Kernkraft erst 1975 auf 1976 erfolgte. Warum, ist bislang ungeklärt.

»Angenommen, hier in der Nähe wäre ein Kernkraftwerk geplant, und die Bevölkerung würde darüber abstimmen: Wie würden Sie persönlich sich entscheiden – dafür oder dagegen?«

(Institut für Demoskopie)

Einstellung zum Kernkraftwerk:	Mai 75	September 76	Dezember 76
	%	%	%
Dagegen	28	36	47
Unentschieden	32	29	18
Dafür	40	35	35

Der Stimmungsumschwung war nicht so sehr ein Desertieren der Befürworter von Kernkraft. Vielmehr erhielten die Gegner den Vorsprung durch ein Abschmelzen der Unentschiedenen zu ihren Gunsten. Seit einiger Zeit scheinen sich nun die Einstellungen zur Kernkraft in der bundesdeutschen Bevölkerung stabilisiert zu haben: Etwas weniger als ein Drittel ist gleichgültig, etwa ein Drittel ist dafür und etwas mehr als ein Drittel ist dagegen. Reaktorprobleme wie in Harrisburg mögen kurzfristig Schwankungen von diesen Durchschnittswerten zur Folge haben, aber vorerst ist ein Patt in der Einstellung zu weiterem Bau von Kernkraftwerken die Regel.

Was Kernkraft bedeutet, das hat im Laufe der Zeit auch in der Bevölkerung der Bundesrepublik verschiedentlich gewechselt. Zunächst war Atomenergie gleichbedeutend mit Krieg und Atombombe. Diese Bedeutung ist heute fast völlig verblaßt. Heute steht im Vordergrund die Sorge um die Umweltbelastung.

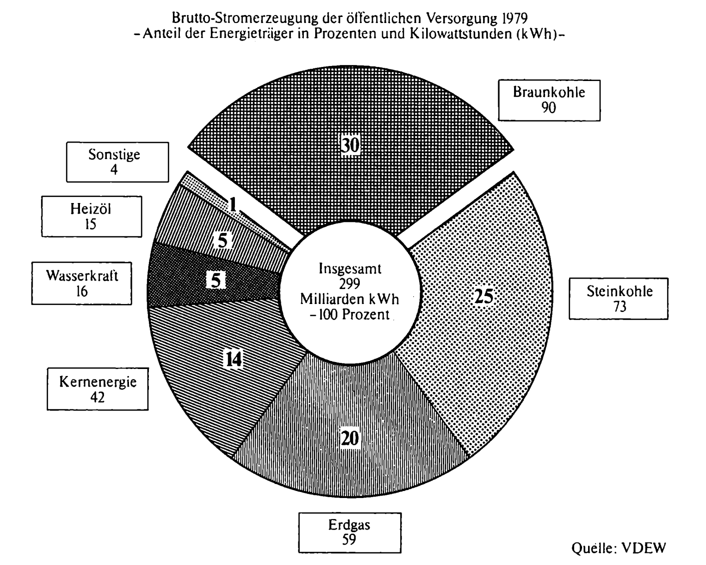
Dies sind die Ergebnisse einer immer gleich gestellten Frage im Zeitablauf: »Woran denken Sie, wenn Sie von Atomenergie hören?«

	1960 %	1970 %	1976 %	1979 %
Atombombe, Krieg	76	47	37	4
nichts Gutes	*	2	5	3
Strom, Energie	11	22	21	25
Kraftwerke, Reaktoren	*		25	28
friedliche Nutzung, Fortschritt	7	19	5	4
Reaktorunfall, Umweltbelastung	*	*	2	31
Demonstration, Bürgerinitiativen	*	*	*	8
Sonstiges	10	5	8	5

* nicht angefallen

»Atom« bleibt eine bedrohliche Sache, auch wenn die Inhalte dessen wechseln, was das Atom zur Bedrohung werden läßt. Das legt nahe, daß »Atom« eine Chiffre ist, nicht die Sache selbst.

Darauf deutet auch der geringe Informationsstand über die wirtschaftliche Nutzung der Kernenergie hin. Ein Sechstel der Bevölkerung in der Bundesrepublik glaubt heute, die Kernkraft befinde sich nur in der Planung. Fast unbekannt ist, daß die Bundesrepublik heute Nummer vier in der Welt in der Kernkrafterzeugung ist – immerhin hinter den USA, Japan und Großbritannien mit 15 Werken und einem absolut größeren Wert als Frankreich, nicht allerdings im Anteil des Atomstromes.



Nach EMNID ist die Haltung zur Kernenergie stark beeinflußt von den Vorstellungen über die Schwierigkeit unserer Energieprobleme. Hier ist erwartungsgemäß ein Wandel zu beobachten, der insbesondere durch Alarmmeldungen über eine angebliche Ölkrise bewirkt wurde. Allerdings war dieser Einfluß erst mit einem Verzögerungseffekt wirksam und nicht unmittelbar eine Folge der ersten Ölkrise 1973/74. Dies ist

üblicherweise dann der Fall, wenn Grundvorstellungen geändert werden. Es ist eine Faustregel der empirischen Sozialforschung: wenn in Reaktion auf einen Vorgang von heute auf morgen die öffentliche Meinung umschlägt, dann wird dies nicht lange Bestand haben, aber wenn sie über einen Zeitraum von einem Jahr oder anderthalb Jahren kontinuierlich sich oder plötzlich mit langer Verzögerung wandelt, dann hält dies für eine ganze Weile vor. Das dürfte jetzt auch bei den Vorstellungen über die Kernenergie zutreffen. 1974 wurde in einer Umfrage gefragt: Ist die Deckung des Energiebedarfs gesichert? 40% sagten damals ja, heute sind es 11%.

Dies ist an sich eine für die Kernenergie günstige Einschätzung der Situation, aber diese Betonung der Dringlichkeit von Energie heißt noch nicht Zustimmung zur Kernkraft.

Im Laufe der letzten fünf Jahre haben sich nämlich die Vorstellungen darüber gewandelt, welche Energieträger bevorzugt gefördert werden sollten und von besonderer Nützlichkeit sein können. »Worauf könnten wir zur Not verzichten?« Auf Atomkraft sagten damals 30%, und heute sagen es 68%. Die Kohle hat eine Art von Renaissance erfahren. Die Nachteile des vermehrten Kohleeinsatzes sind nicht Gegenstand des öffentlichen Widerstandes.

3.

Die Umfrageforscher haben längst ein Porträt des »typischen Kernkraftgegners« zusammengestellt. Überdurchschnittlich häufig ist er zwischen 30–49 Jahre alt, hat Abitur oder Hochschulbildung, wählt SPD und ist doch der oberen Mittelschicht zuzurechnen; Frauen sind häufiger als Männer Gegner der Kernkraft. Durchschnitte haben ihren guten Sinn als Werte, die »typisch« sind für eine Zahlenmenge, und dementsprechend ist ihr Aussagewert gering, wenn die Zahlen weit streuen. Das ist auch hier der Fall, so daß wir mit den Durchschnitten noch nicht viel über die Kernkraftgegner wissen.

Die Unterteilung in Anhänger und Gegner verdeckt eine zentrale Eigenschaft der Einstellungen zur Kernkraft in westlichen Industriegesellschaften, die Ambivalenz nämlich. Im Juli 1978 sagten 70% einer repräsentativen Erhebung des EMNID-Instituts, sie hielten Kernkraftwerke für problematisch; nur 28% entschieden sich für die Antwort »problemlos«. Zugleich wollten nur 32% auf die Atomkraft als Energiequelle verzichten! Die große Mehrzahl der Bundesbürger ist für Atomkraft als ein notwendiges Übel. Ob dabei der Akzent auf ›notwendig‹ oder auf ›Übel‹ liegt, hängt von den Vorstellungen über die Größe des Risikos der Atomkraft ab. Risiko, das heißt heute bei Kernkraft nicht mehr oft die Gefahr einer Explosion, viel öfter schon die Strahlungsgefahr und jetzt zunehmend dominant die Sorge um die Entsorgung.

In dieser Situation der Unsicherheit hat die Beherrschung der öffentlichen Meinung eine Schlüsselbedeutung. Die Wissenschaft ist hier als Mittel der Orientierung nicht so bedeutsam wie in vielen anderen Fragen, da die Wissenschaftler uneinig sind. Wenigstens muß dies so erscheinen nach der Auswahl von Wissenschaftlern, die von den Medien besonders gefördert werden. Eines der ersten Anti-Kernkraft-Bücher mit dem Anspruch der Wissenschaftlichkeit wurde von einem Autorenkollektiv selbstverständlich der Uni Bremen verfaßt und 1975 durch befreundete Journalisten der öffentlichen Rundfunk- und Fernsehanstalten propagiert. Das Abrutschen von Universitäten ist doch nicht so belanglos, wie die Praktiker der Politik meinen!

Eine Untersuchung des Instituts für angewandte Sozialforschung und der KfA Jülich in Kerpen bestätigte, daß zentral für die Wertung der Atomkraft die Wahrnehmung des Risikos ist: Gilt das Risiko als gering, so sind 80% für Kernkraft, bei hohem Risiko aber steigt der Anteil der Gegner auf 65%. Werden die Antwortenden nun noch unterteilt in Personen mit unterschiedlichem Informationsgrad und nach sozialer Schicht, so wird das Bild noch klarer: Der Informationsgrad

ist in der Mittelschicht und darüber recht hoch, und bei gleichem Informationsgrad ist die Vorstellung über das Risiko entscheidend für die Wertung der Kernkraft als Umweltfaktor.

Anders in der Unterschicht. Hier ist besonders wichtig, welchen Rang materielle Werte unter anderen Werten – Gesundheit, Umweltschutz, Fortschritt, Gerechtigkeit, geringere Bedeutung des Berufs – einnehmen. Herrscht materielle Saturiertheit, dann wird Gegnerschaft zur Kernkraft wahrscheinlich: Uns geht es gut, warum Kernkraft riskieren? Bei dieser Haltung wird verständlich, warum der Informationsgrad dieser Kernkraftgegner und Umweltschützer gering ist. Wer saturiert ist, interessiert sich auch nicht sehr für die Gründe eines weiteren Wohlergehens. Dies wird als selbstverständlich unterstellt, und demgemäß sehen diese Kernkraftgegner in der Unterschicht auch durchweg kein Problem einer zukünftigen Energieversorgung.

Auseinander sortiert sind die Kernkraftgegner eine Mischung sehr verschiedener Orientierungen und Soziallagen. Menschen der Unterschicht, welche die Notwendigkeit der Kernenergie nicht einsehen, stehen als Anhänger den Amateur-Experten der oberen Mittelschicht zur Verfügung. Diese sind eine Anti-Establishment-Elite, die sich gegen die Expertokratie durch Selbstunterrichtung einseitiger Art wehrt. Eine Anti-Establishment-Elite in den elektronischen Medien steigert die Bedeutung dieser Aktivisten gegen Kernkraft. Es ist der gleiche Personenkreis und der gleiche Mechanismus wie beim Widerstand gegen Tierexperimente in der Pharmazie oder gegen den Straßenausbau. »Bewegung der ›Naturschützer‹ und ›Environmentalists‹ vermittelt den Beteiligten eine neue finale Sinngebung ihres Lebens, die das religiöse und ideologische Vakuum einer pluralistischen Gesellschaft zu füllen vermag«, schließt Otwin Renn in seinem Bericht über die Kerpen-Umfrage.

Es mehren sich in den hochentwickelten Industriegesell-

schaften die Sachverhalte, bei denen die demographischen Merkmale als Ausdruck der Lebensumstände Verhalten und Meinungen nicht mehr oder nur noch schwach bestimmen. Verhalten und Meinungen werden wählbar als Teil der vielen Lebensstile und Glaubensgemeinschaften, die in den heutigen Gesellschaften zur Auswahl stehen. Die Gegnerschaften und Unterschiede verlaufen dann anders als in der Meinungsforschung gewohnt, quer zu den vertrauten Gruppen. Arbeiten Meinungsforscher wie üblich mit Aufgliederungen von Meinungen zur Kernkraft nach demographischen Gruppen, so bietet sich das Bild einer großen Zersplitterung der Meinungen und Haltungen. Besonders zersplittert sind die Meinungen bei den Männern mit einem mittleren Schulabschluß und bei CDU/CSU-Anhängern. Hier gibt es nämlich ein ungefähres Gleichgewicht von Gegnern und Befürwortern. Es wird viel über die Gegnerschaft der SPD-Wähler zur Kernkraft berichtet, aber es wird übersehen, daß es bei der CDU eine starke Minderheit gegen Kernkraft gibt: 37% pro, 33% contra Kernkraft. Es wird übrigens auch übertrieben, wie sehr die Gegner der Kernkraft in der SPD dominieren. Sie dominieren, aber ebenfalls nicht so total wie dargestellt. Der Riß geht durch die Parteien hindurch.

Dies ist eine Beobachtung, die man in anderen Ländern Europas ebenfalls machte. Etwa in Schweden. Dort ist die Einschätzung der Kernkraft stabiler als in der Bundesrepublik, der Prozeß der Meinungsbildung hat früher begonnen. Die Zahl der Befürworter ist in Schweden langfristig gestiegen durch Abschmelzen der Unentschiedenen, welche von 1976 auf 1979 von 36% auf 25% gefallen sind. Fast alles davon kam den Befürwortern zugute. Jetzt gibt es in Schweden in der öffentlichen Meinung ein Patt. Diese Erfahrung könnte von großer Bedeutung für die Bundesrepublik sein, da hier der Anteil der Unentschiedenen noch hoch ist: die Richtung des Abschmelzens dieser Unentschiedenen dürfte den Ausgang des Meinungskampfes über Kernkraft entscheiden.

Die schwedischen Parteien haben durch Umfragen ermittelt, daß keine von ihnen eine solide Mehrheit hat für die eine oder die andere Politik. Deshalb sahen sie sich außerstande, den Prozeß wie einen normalen politischen Gegensatz zu behandeln und erfanden ein Referendum, das es in der schwedischen Verfassung eigentlich nicht gibt. Es gab im März 1980 eine Volksbefragung und die Parteien hatten versprochen, sich nach dem Ergebnis zu richten. (Es gab eine solide Mehrheit für weitere Kernkraftwerke). Dies ist ein Eingeständnis von Impotenz des politischen Systems. Die Parteien haben es bei der Kernkraft mit einem Gegensatz zu tun, den sie nicht bewältigen können. Deshalb haben sie den Ball an die Bevölkerung zurückgespielt.

In Japan können wir einen interessanten Gegensatz zu Entwicklungen in Europa beobachten. Dort zeigt sich, daß der Unfall von Three Mile Island in einem Zeitraum von einem halben Jahr fast vergessen war. Er hat also nicht diese bleibende Beunruhigung herbeigeführt, was in keinem anderen Land zu beobachten ist. Three Mile Island war für die Japaner trotz der Art der Berichterstattung ein Unfall, wie er überall vorkommen kann.

Stärker als in Europa gibt es in Japan zwei Dimensionen der öffentlichen Meinung. Die Zahl der Befürworter betrug im Juni 1979 in Japan 50%, die Zahl der Gegner 29%. Also eine komfortable Mehrheit für Kernenergie. In Japan ist ferner zu beobachten, daß von der Befürwortung der Kernenergie nur begrenzt eine Voraussage darüber möglich ist, ob das Kernkraftwerk auch in der eigenen Nachbarschaft akzeptiert wird. Die Zahl derjenigen, die ein solches Kernkraftwerk in der Nachbarschaft haben wollen, beträgt nur 18 %, nur ca. ein Drittel der Befürworter sonst. So kann man am Falle Japan beides beobachten: den Widerstand sehr aktivistischer Gruppen – übrigens auch gegen andere Umweltveränderungen ungeachtet einer allgemein stabilpositiven Einstellung. Hierauf wird auch in der Bundesrepublik stärker zu achten sein in

der öffentlichen Diskussion, weil sehr oft falsche Prognosen darauf beruhen, daß aus der Meinungsbildung in der Bevölkerung allgemein auf die lokale Durchsetzbarkeit geschlossen wird.

Prinzipiell gilt die gleiche Verschiedenheit im Urteil über Kernenergie, je nachdem ob man selbst betroffen ist oder nicht, auch in der Bundesrepublik. Angenommen, hier in der Nähe wäre ein Kernkraftwerk geplant und die Bevölkerung würde darüber abstimmen: Wie würden Sie sich persönlich entscheiden – dafür oder dagegen? – lautete die Frage. Dagegen waren im Mai 1975: 28%, im September: 36%, im Dezember 1976: 47%. Oder: Die Relation der Befürworter zu den Gegnern hatte sich verändert von 32 : 28 auf 18 : 47.

Wenn nicht nur gefragt wird, ob man für oder gegen Kernkraft ist, sondern nach dem Grad der Befürwortung, erhält man eine Differenzierung des Bildes, die für den politischen Prozeß wichtig ist. Nur 18% der Bevölkerung meinen, die Kernenergie sei völlig problemlos und 32% darf man vielleicht einschätzen als engagierte Gegner. Das sind dann genau 50%. Die andere Hälfte der Bevölkerung ist ambivalent. Sie möchten einerseits die Atomkraft haben, fragen aber, ob die Nachteile nicht zu groß seien. Das ist dann übrigens auch ein Befund, den die Untersuchung von Japan ergab.

Im Gegensatz zur Lautstärke der Gegnerschaft gegen Kernkraft ist diese nicht das zentrale Element einer Vorstellung von menschenbedrohender Technik. Gewiß ist gerade auch hier die Einstellung ambivalent, aber eben nicht panikhaft und doch überwiegend positiv – eine Einstellung, die schon über eine ganze Reihe von Jahren hinweg stabil ist.

Frage: »Darüber, welche Vorteile und Nachteile Kernkraftwerke haben, gibt es unterschiedliche Ansichten. Auf diesen Karten hier ist einiges aufgeschrieben, was man über Kernkraftwerke so alles hören und lesen kann. Würden Sie das bitte einmal ansehen und mir alles herauslegen, wo Sie meinen, das stimmt, das trifft auf Kernkraftwerke zu?«

	September 1976 %
Ein moderner Industriestaat braucht einfach Kernkraftwerke . . .	62
Die Stromversorgung durch Kernkraftwerke ist wirtschaftlicher und billiger . . .	49
Kernkraftwerke machen uns unabhängiger vom Ausland . . .	46
Das angewärmte Kühlwasser kann man wieder nützlich verwenden (Heizen) . . .	42
Die Kernkraftwerke werden so gebaut, daß keine Radioaktivität nach außen dringen kann . . .	34
Die Sicherheitsbestimmungen sind so streng, daß Unfälle praktisch ausgeschlossen sind . . .	34
Kernkraftwerke sind umweltfreundlicher als andere Kraftwerke . . .	28
	296
Bei Kernkraftwerken entstehen Gefahren durch die Abfälle, den Atommüll . . .	56
Die Erfahrungen mit Kernkraftwerken sind noch nicht ausreichend . . .	51
Das Wasser der Flüsse wird durch das abfließende Kühlwasser zu warm und verschmutzt dadurch sehr . . .	40
Durch die Kühltürme wird das örtliche Klima verschlechtert . . .	27
Wegen des Uran-Brennstoffes für die Kernkraftwerke werden wir zu sehr vom Ausland abhängig . . .	25
Die Unfallgefahr ist zu groß . . .	24
Die Umgebung der Kernkraftwerke wird mit Radioaktivität verseucht . . .	16
	239

Es ist von größter Bedeutung, zu welchem Grade die Diskussion in der veröffentlichten Meinung auf einen noch nicht verfestigten Zustand tritt, und zu welchem Grade die Darlegung der Vorteile der Kernenergie überzeugen muß; es wirkt eben nicht nur Nachdruck, mit dem auf die Nachteile verwiesen wird. Die Mehrzahl der Menschen ist bereit, mit Nachteilen zu leben, vorausgesetzt, der Vorteil ist erkennbar oder der Nachteil unvermeidlich. In dieser Situation hat die Beherrschung der veröffentlichten Meinung eine Schlüsselbedeutung.

4.

Die Behandlung der Kernenergie in den Massenmedien ist in der ganzen westlichen Welt von skandalöser Einseitigkeit. Die Berichterstattung über Harrisburg/Three Mile Island ist ein Beispiel: Obgleich eben nichts geschah, mußte der Eindruck eines großen Unglücks entstehen. Dabei hätten die Nachbarn des Kraftwerks auf Three Mile Island höchstens eine Strahlendosis empfangen, die einer Röntgenaufnahme entspricht. Ungeachtet dessen durfte irgendein Professor in der Nachrichtensendung der ARD die Falschmeldung verbreiten, in der Umgebung von Harrisburg gebe es einen enormen Anstieg der Kindersterblichkeit.

Befragungen in den Vereinigten Staaten darüber, wem man in der Frage Atomkraft denn vertraue, haben einen dramatischen Verfall des Ansehens der Wissenschaft erbracht. Während zunächst das Ansehen der Politiker verfiel, ist es nun das der Wissenschaftler. Etwas Ähnliches ist auch in Deutschland zu beobachten. Eines der ersten und wichtigsten Anti-Kernkraft-Bücher mit dem Anspruch auf Wissenschaftlichkeit wurde von einem Autorenkollektiv der Universität Bremen verfaßt und 1975 durch befreundete Journalisten allgemein propagiert. Das Abrutschen von Universitäten ist also doch nicht so belanglos, wie die Praktiker der Politik oft meinen.

In dem Moment, wo die Wissenschaft der Orientierungspunkt für die Bevölkerung wird bei einer Frage, zu der sie sich selbst nicht für kompetent erklärt, ist eine Wissenschaft, die weltanschaulich dienstbar ist oder dafür gehalten wird, für den politischen Prozeß ungemein hinderlich. Es ist dann nicht auf Wissenschaft zurückgreifbar als ein Mittel, um einen Sachkonflikt zu neutralisieren. Wir haben selbst eine Untersuchung in Zusammenarbeit mit der KFA in Jülich gemacht. Wird bei einer Befragung das Risiko als gering dargestellt, haben wir 80% Befürworter. Fragen wir so, daß das Risiko groß erscheinen muß, haben wir 65% Gegner. Es ist also die Art der Fra-

gen, mit denen die Unentschiedenen zum Abschmelzen gebracht werden können. Man sieht, zu welchem Grad je nach Darstellung der Risiken im Vergleich zu den Vorteilen eine solide Mehrheit für die eine oder für die andere Position erhalten werden kann.

In der veröffentlichten Meinung erscheint die Gegnerschaft der Kernenergie ein Zug der Zeit zu sein. Dies liegt an der größeren Bekennerfreude der Kernkraftgegner, ist insofern also eine Art optisch-akustische Täuschung, welche durch Medien und Aufkleber bewirkt wird. Sie wird gefördert auch durch einflußreiche Teile des Establishments selber, die am besten zu kennzeichnen sind mit der Faustregel, mit der wir sonst auch die Träger von Revolutionen eingrenzen. Ins Deutsche rückübersetzt heißt der englische Spruch: »Revolutionen werden von den am wenigsten Privilegierten der Privilegierten gemacht« – »the least privileged of the most privileged«.

Professor Noelle-Neumann hat für die optisch-akustische Täuschung den Namen Schweigespirale geprägt. »Finden sie« – nämlich die Mehrheit –, »daß ihre Ansichten Anhänger verliert, so werden sie furchtsam, verstecken ihre Überzeugung in der Öffentlichkeit und verfallen in Schweigen. Indem die einen sich selbstbewußt äußern, die anderen dagegen schweigen, erscheinen die ersten in der Öffentlichkeit stärker, die zweiten schwächer als sie es ihrer Zahl nach sind.« Die Sache ist aus Kriegen bekannt, wenn man mit großem Gebrüll eine große Zahl vortäuschen will und durch erfolgreiches Gebrüll den Gegner einzuschüchtern in der Lage ist. Das soll Wirkung hervorrufen, insbesondere dann, wenn die öffentliche Meinung so strukturiert ist, wie hier dargestellt wurde, nämlich diffus, ambivalent, unsicher, ohne richtige Autoritäten. Dann hat ein solches Imponiergehabe in den Medien durchaus seine Wirkung.

Nun muß dazu gesagt werden, daß die Ansicht falsch ist, Bürgerinitiative sei gleich Anti-Kernkraft-Bewegung. Meistens gibt es andere Trennungslinien zwischen Politik und Bürger-

initiativen. Werden Bäume gefällt, werden neue Parkplätze betoniert, wird der Bau eines Kindergartens unterlassen oder wird ein Gewerbegebiet eingerichtet, gibt's neue Bürgerinitiativen. INFAS hat gezählt, wie viele Bürgerinitiativen es gibt und wie viele Personen darin häufig aktiv sind. Hiernach gibt es etwa 4000 Bürgerinitiativen in der Bundesrepublik und darin gibt es etwa 120000 »Berufsbürgeraktivisten«. Das ist das Potential, das normalerweise an der Irritationsschwelle zwischen Verwaltung und Bürgern aktiv wird. Die bedeutendsten Themen sind Verkehr, Kindergarten bzw. Sportplätze und Umweltschutz, also nicht Kernkraft. Immer mehr wird jedoch jetzt der Umweltschutz auf das Thema »Kernkraft« konzentriert. Daher ist verständlich, daß man Bürgerinitiative zunehmend auch mit Kernkraftgegnerschaft – interessanterweise selten mit der Befürwortung – gleichsetzt.

Der Hintergrund für dieses Anwachsen der Bürgerinitiativen wird von amerikanischen Sozialwissenschaftlern wie folgt identifiziert: Heute gibt es in großer Zahl Menschen, die früher selten waren: sie sind nicht handarbeitend, sie sind in Büros tätig, und zwar in einer besonderen Weise. Statt Dinge manipulieren sie Worte und Ideen. Dieses ist ein Publikum, das verunsichert ist, zugleich aber Führungsansprüche erhebt und dasjenige ist, was sich an moralisierbaren Themen als Gegenelite gegenüber der Routineelite organisiert.

In den Vereinigten Staaten hat man die Aktivisten der Anti-Kernkraft-Bewegung weitgehender untersucht als hier. Dort ist deutlich geworden, in welchem Grade eine Kontinuität zwischen Kulturrevolution oder Anti-Vietnam-Demonstrationen und Anti-Kernkraft-Bewegung vorliegt. Es sind nicht die gleichen Personen, die die Bürgerrechtsbewegungen getragen haben, und es sind andere Formen des Widerstandes. Bei den Bürgerrechtsbewegungen benutzte man die Rechtsordnung der Vereinigten Staaten und kehrte sie gegen das System selber. Mit Hilfe der Gerichte wurden dann die diskriminierenden Bestimmungen beseitigt. Im Anti-Vietnam-Feldzug wur-

den dagegen die Techniken der gezielten Regelverletzungen erprobt. Doch hat inzwischen ein Teil der Aktivisten, die auf nennenswerten Positionen angelangt sind, schon großes Gewicht. Ein Beispiel ist der Anti-Kernkraft-Film »The China Syndrom«, finanziert zu 50% von Jane Fonda. Jane Fonda ist ja bekannt aus den Vietnam-Demonstrationen.

Die Politiker nehmen dies durchaus ernst und zugleich begehen sie einen Irrtum. Politiker sehen hier eine Gruppe, die außerordentlich geschickt ist, deren begrenzte Zahl durch die Geschicklichkeit teilweise korrigiert wird. Sie sehen, daß die grünen Parteien nicht ohne Stimmen bleiben und sie glauben, sie müssen sich anpassen. Dies ist zum Teil ein Irrtum.

Eine neuere Untersuchung aus Berlin scheint zu diesem Thema besonders nützlich zu sein. Es handelt sich um einen Bericht, der dem SPD-Landesparteitag im November 1979 vorgelegen hat. In Berlin hatten die Grünen auf Anhieb 3,9% der Stimmen erhalten; jetzt wurde untersucht, wo sie eigentlich anzusiedeln sind. »Das Linkspotential hat sich bei den jungen Wählern über 20 Jahren von Wahl zu Wahl verstärkt, 1963 noch weniger als 0,8%, erreicht es jetzt etwa 15%.« Bis 1975 wurde dieser Vormarsch, bei dem sich die Männer ansprechbarer als die Frauen erwiesen, durch Einbruch in das SPD-Potential erzielt. 1979 jedoch haben die Alternativen die Sozialistische Einheitspartei und die KPD beerbt. Die SPD verlor 1975 nichts mehr, und es fand nur noch eine Umschichtung im Bereich der Protestparteien statt. Bei einem Anteil der Stimmen von 3,8% für die Alternativen hat der Anteil bei den männlichen Wählern zwischen 20 und 30 Jahren 15% betragen, und bei den weiblichen Wählern immer noch 12%. Bei anderen Altersstufen ist aber keine Anziehungskraft zu beobachten.

Jugendliche im Alter von 20 Jahren scheinen eher rechten bis rechtsradikalen Bewegungen zuzuneigen. Das will heißen, die Studentenrevolte, Kulturrevolution und die damit verbundenen Organisationen erweisen sich als eine Art Durchlaufer-

hitzer für entfremdete politische Gruppen. Die beiden großen Parteien, SPD und CDU, haben überwiegend wohl das an die Grünen verloren, was zu verlieren ist, und die Partei, die am ehesten und verständlicherweise Existenzprobleme hat, ist die FDP, weil sich mit der Wahl dieser Partei eher Stimmungen und Anmutungen verbinden. Die Politiker wissen nicht, in welchen Dimensionen sie Furcht vor den Alternativen und Kernkraftaktivisten haben sollen.

Politiker haben dazu noch ein weiteres Problem. Sie müssen nicht nur Wähler gewinnen, sondern sie müssen auch von Parteitag zu Parteitag überleben. Und an der »Basis« mancher Parteien haben engagierte Kernkraftgegner eine Sperrminorität, an die sich insbesondere Nachwuchspolitiker anpassen. So kommt es dann zu einer Art Doppelstrategie. Man kann das Tarifvertragsmodell als Beispiel nennen. Das Tarifvertragsmodell besteht darin, daß einer 5% fordert, der andere 3% anbietet – und es kommt 4% heraus. Das hat man bei solchen Wertkonflikten wie z. B. beim § 218 auch versucht. Man hat gesagt, Schwangerschaftsunterbrechung ja, aber nicht bequem. Damit wurde ein Wertkonflikt in einen Kompromiß übergeführt, der keine der beiden Seiten wirklich zufriedenstellte und keine der beiden Seiten ganz unglücklich ließ. Ähnliches geschieht jetzt mit dem Jugendhilferecht. Aber die Überführung von Wertkonflikten in Halblösungen wird sich auch bei der Atomkraft als nicht wirklich machbar erweisen.

Nach dem Beschluß des letzten SPD-Parteitages wird in den nächsten zwei Jahren kein Kernkraftwerk mehr gebaut. So ist man im Prinzip für Kernkraft, ohne welche zu haben. »Wir sind dafür, wenn es nicht gemacht wird«, oder: »Wir machen es, aber wir sind nicht dafür«, sind die beiden Hauptpositionen gewesen. Langfristig ist das nicht durchzuhalten. Wertkonflikte lassen sich letztendlich nicht auf diese Art und Weise befrieden. Eine andere Möglichkeit ist, symbolische Aktionen zu wählen. In Deutschland werden 20% der Energie durch Haushalte nachgefragt; davon gehen 85% in die Hei-

zung. Wenn die Energienachfrage der Haushalte für wichtig gehalten wird, kann durch Baubestimmungen und durch Politik mit Stromtarifen fast alles beeinflußt werden. Aber statt dessen wird über die Motive zum Energiesparen geforscht, was sich viel besser in moralische Ansprüche übersetzen läßt – in etwas also, was die Entschlossenheit eines Politikers gegenüber einer fehlbaren Menschheit ausdrückt. Man kann beispielsweise erklären: Macht die Glühbirnen doch aus! Rechnungen ergeben, wenn wir alle Glühbirnen ausschalten, können wir möglicherweise ein halbes Prozent des Energieverbrauchs dadurch beeinflussen. Denn alle anderen Geräte im Haushalt machen 3,5% der Energienachfrage aus, was relativ unerheblich im Vergleich zu der Frage ist, welche Art von Wärmedämmung die Gebäude haben. Aber die Aufforderung an Mitbürger, private Schwimmbäder dürfen nicht mehr geheizt werden, ist natürlich ungemein viel symbolträchtiger im Vergleich zu einer anderen DIN-Norm für Wände!

Wir haben hier ein grundsätzliches Dilemma. Unsere Moral christlicher Art drückt sich aus in Anforderungen an das individuelle Handeln. Uns fällt die Vorstellung schwer, daß Rahmenbedingungen und Systemorganisationen auch entscheidend sind, und deshalb klingt die Aufforderung an die Mitbürger, irgend etwas zu tun oder zu unterlassen, als ein außerordentlich energisches Angehen von Problemen.

Wenn diese Symbol-Politik hier etwas ironisch vorgestellt wurde, dann bedeutet dies nicht, sie sei als Faktum nicht ernst zu nehmen. Im Gegenteil! Insbesondere unter engagierten Protestanten mit einem problematischen Verhältnis zu Christenglauben und Kirche eignet sich eine Angst einflößende Technik dann als Thema für Teufelsaustreibung, wenn es mit »Profitinteressen« verbunden werden kann. Der säkularisiert-religiöse Charakter engagierter Kernkraftgegner wird an diesem Zitat des Schweizer Theologen Denis de Rougement deutlich:

»It is as clear as daylight that the choice of nuclear power

stations and retreatment plants for the infernal metal (!) from which bombs are fashioned is daily increasing the risk of war, or, in other words, the end of the human race. It is no less clear that nobody ever dared to state or even suggest that this option is the precondition of peace, in as much as it implies the end of our Nation-States, so bound up with the use of the well-named plutonium, the product of the underworld, and the advent of self-governing regions based on the resources of the sky with its far reaching gaze towards Earth ... Pluto is the Lord of the shadow, he is as blind as a bat. But sunlight comes to us from the heavens, from Zeus, ›the far-seeing‹.«

Das bemerkenswerteste an diesem konzentrierten Schwachsinn ist die Art der Veröffentlichung: Als Leitartikel einer von den Vereinten Nationen geförderten Zeitschrift. Einer solchen Aufbruchs- und Erweckungstimmung kann eine Tarifvertragpolitik und eine Politik der Abspeisung mit Symbolen nicht beikommen.

5.

Wahrscheinlich können wir auch heute noch nicht das Schwinden der Bindekräfte ermessen, das aus der Säkularisierung des Alltags folgt. Die traditionellen Kirchen waren ja viel mehr als nur religiöse Institutionen, sie waren zentrales Element von Milieus. Das wird auch in der Bevölkerung durchaus gefühlt. »Es ist sehr schade, daß die Bedeutung der Kirche nachläßt«, dieser Aussage stimmten bei einer Befragung 41% aller Frauen zu. Zwar steigt heute die Intensität des Kirchenbesuchs wieder an, aber weniger durch eine Ausweitung des Kreises der Kirchenbesucher als durch erhöhten Kirchenbesuch der ohnehin kirchlich Gebundenen. Die mit der Säkularisierung entstandene Lücke mag bedauert werden, aber sie bleibt Lücke.

In dieser Lücke nisten sich allerlei Sekten und Bewegungen ein. Schon Dostojewski hatte vorausgesagt (»Die Dämonen«),

daß der Verlust der Transzendenz durch Wohlleben nicht ersetzt werden könne; ja diese Kombination von Säkularisierung und Wohlstand kann zum fanatischen Ausbrechen in allerlei Radikalismen bewegen. In der Gemeinschaft der Sekte – ob religiös oder politisch ideologisiert – erhält der Novize als Gegengabe für das Sacrificium intellectualis die Wärme einer Gemeinschaft. Es mag paradox anmuten, ist aber nichtsdestoweniger real, daß eine als Beliebigkeit angebotene Freiheit zur Unterwerfung gerade unter den Druck solcher Gemeinschaften führt, die eine totale Verfügung über ihre Mitglieder durchsetzen. »Freedom is just another word for nothing left to do« klagte Janice Joplin in der amerikanischen Kulturrevolution. Die schreckliche Klage, daß Freiheit nichts anderes als Sinnlosigkeit bedeute, wurde bei einem jungen Publikum einer der größten Hits und blieb es bis heute.

Heute bündeln sich in der Bewegung für Umweltschutz alle Formen und Motive der Ablehnung einer nach Prinzipien materieller Nützlichkeit gesteuerten Entwicklung. Die Kernkraft als Streitfrage gibt dieser Abwehr eine besondere Brisanz, und erlaubt bisher die Verschmelzung von ideologisch-politischer mit kulturkritisch-ästhetischer Gegnerschaft gegen die westlichen Demokratien. Je tiefer die Verunsicherung über die Risiken, um so weniger ist hier mit technischen Argumenten auszurichten.

Vor allem: Im »antikapitalistischen Umweltschutz« gibt es eine Mischung aus Elementen, die schon einmal politisch höchst erfolgreich waren: Extremer Konservativismus mit linken Topoi – siehe Nationalsozialismus. Damit sollen nicht die Umweltschützer zu Neo-Nazis stilisiert werden; hier wird nur auf die Kontinuität der Unruhe gegenüber dem technisch-wirtschaftlichen Fortschritt verwiesen. Liegen die Trennungslinien, welche Beunruhigte und Nichtbeunruhigte scheiden, quer zu den sonstigen Trennungslinien in unserer Gesellschaft, dann hat die Organisation einer solchen Stimmung den Charakter einer Bewegung.

Dies trifft zusammen mit einer zunehmenden Stimmung in westlichen Industriegesellschaften: Um Gottes willen, nur nichts oder doch möglichst wenig verändern. Sie ist Teil einer Gemütsverfassung bei einem meinungstüchtigen Teil der Bevölkerung, für welche die Bezeichnung »mürrische Saturiertheit« angemessen ist. Aus Gründen, die hier auch noch behandelt werden können, ist die zweifellos gegebene Saturiertheit im Materiellen verbunden mit Mißmut. Kein Zweifel: kommt in einer Lehrerfamilie zweimal A 13 als Gehaltstufe vor, dann darf man's genug finden: So wie es ist, mag es bleiben.

Nach Befragungen der Europäischen Gemeinschaft gibt es einen allgemeinen Verfall des Ansehens von Wissenschaft und des Vertrauens, daß technischer Fortschritt dringlich und ganz überwiegend gut in seinen Folgen sei. Unter Akademikern mit humanistischer Bildung dürfte er besonders groß sein und die zeitgenössische Ausdrucksform des alten Ekels der Kulturintelligenz vor »platter Nützlichkeit« sein. Die Kernkraft ist dabei nicht einmal diejenige Ausdrucksform wissenschaftlich-technischen Wandels, die besonders stark abgelehnt wird; Gen-Technologie und Chemie, nicht zuletzt als Veränderung der Nahrung, erscheinen in der Bevölkerung allgemein als bedrohlicher. Selbst bei Bejahung der Notwendigkeit weiteren technischen Wandels neigt die Stimmung heute in Europa zum »Zurück-zur-Natur:

Es wäre schön, wenn man mit der Konstruktion so vieler Maschinen aufhören und zur Natur zurückkehren könnte«

Ja 44% der Westeuropäer

Nein 39% der Westeuropäer

Damit sind selbstverständlich nur Wünschbarkeiten gemessen, aber immerhin diese doch. Es hängt entscheidend von den politischen und wissenschaftlichen Institutionen sowie den Medien ab, ob diese Stimmung der Wünschbarkeit unkontrolliert durchschlägt oder durch Nützlichkeitserwägungen kontrolliert bleibt – was für die Mehrzahl unserer Mit-

bürger heute durchaus der Fall ist. Dabei erfahren heute bereits die Kernkraftwerke, gemessen an der Meinungsverteilung in den Ländern der Europäischen Gemeinschaft, in der Bundesrepublik – neben Belgien und den Niederlanden – eine besonders große Ablehnung. Dennoch bilden auch in der Bundesrepublik sowohl Befürworter wie Gegner der Kernkraft jeweils buntscheckige Koalitionen. Dies ist ein Zustand, der an sich politische Gestaltung ermöglicht und einlädt. Politische Gestaltung ist allerdings besonders schwierig bei Gegensätzen wie diesen, wo die Spannungslinien quer zu den gewohnten Gegensätzen der Politik verlaufen, wo die Gegnerschaften in den politischen Institutionen selbst existieren. Die Schwierigkeiten werden dann noch vergrößert, wenn die Positionen als Moralkonflikte formuliert werden, was die Kernkraftgegner zu einem einflußreichen Teil ja versuchen.

Mit Wertkonflikten ist eine westliche Demokratie bis an die Grenzen ihrer Integrationsfähigkeit gefordert. Das muß bei Kontroversen über Umweltschutz, einschließlich und vornehmlich Kernkraft, nicht zu einer Zerreißprobe werden. Die Gegnerschaft läßt sich nämlich vorerst nur als Ein-Themen-Bewegung organisieren. Vorerst. Gibt es keine Selbstzerfleischung innerhalb der politischen und administrativen Führungsschicht, dann vergeht auch diese Bewegung. Wie bei der sogenannten Studentenrevolte entscheiden nicht die Protestierer, sondern das Establishment über das Schicksal des Protests gegen Kernkraft.

Literaturverzeichnis

Brown, Lester: The Energy Dilemma. Energy: The Coming Transition. In: Dialogue, 1978, Vol. 11, No 3, S. 3–13.
Commission des Communautes Europeennes: Einstellungen der Europäischen Bevölkerung zu wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen. Brüssel 1979.
Eppler, Erhard: Darf der Mensch, was er kann? In: Die Zeit, 1979, Nr. 40, S. 9.
Easterlin, Richard A.: Does Economic Growth Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence. In: Nations and Households in Economic Growth. Essays in Honor of Moses Abramovitz. 1974, S. 89–125.
Eckert, Roland: Emanzipation durch Bürgerinitiativen? Sonderdruck aus G. Hartfiel (Hrsg.): Emanzipation – Ideologischer Fetisch oder reale Chance. Reihe Kritik, Opladen 1975.
Eckstein, George: Heading for Apocalypse? In: Dialugue, 1978, Vol. 11, No 2, S. 21–26.
Fraschka, Günter: Harrisburg zwischen Legende und Wirklichkeit. In: Limes. Zeitschrift für Gesellschaft, Wirtschaft und Unterhaltung. November 1979, S. 11–17.
Harman, Willis W.: Herausforderungen für eine nachindustrielle Gesellschaft. In: Beilage zur Wochenzeitung Das Parlament, hrsg. von der Bundeszentrale für politische Bildung, Bonn, 19. August 1978, S. 12–19.
Hartkopf, G.: Über die Sicherheit der Kernkraftwerke heute. In: Atomwirtschaft Atomtechnik. Düsseldorf 1980, Heft 1, S. 18–27.
Heilbroner, Robert L.: Growth and Survival. In: Dialogue, 1973, Vol. 6, No 1, S. 3–12.
Informationsdienst des Instituts der deutschen Wirtschaft: Angst vor der Zukunft. Köln 1980, Heft 1, S. 3.
Informationskreis Kernenergie: Mit dem Risiko leben? Eine Zusammenstellung von Berichten, Kommentaren und Analysen zum Harrisburg-Reaktor-Unfall. Bonn 1979.
Klein, Rudolf: The Dangers of Prophecy. In: Dialogue, 1973, Vol. 6, No 1, S. 31–41.
Kodolitsch, Paul von: Gemeindeverwaltungen und Bürgerinitiativen. In: Deutsches Institut für Urbanistik (Hrsg.): Archiv für Kommunalwissenschaften. Zweiter Halbjahresband 1975, S. 264–278.

McCracken, Samuel: The Case for Nuclear Power. In: Dialogue, 1978, Vol. 11, No 3, S. 15–25.
Meyer-Abich, Klaus M.: Soziale Verträglichkeit – ein Kriterium zur Beurteilung alternativer Energieversorgungssysteme. In: Evangelische Theologie 39, 1979, S. 38–51.
Michaelis, Hans: Das Eppler-Szenario. In: Sonderdruck Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 1979, Heft 8.
ders.: Zwischenbilanz in der Auseinandersetzung um die Kernenergie. In: Beilage zur Wochenzeitung Das Parlament, hrsg. von der Bundeszentrale für politische Bildung, Bonn, 2. September 1978.
ders.: Perspektiven der Energiepolitik. Sonderdruck aus Deutsches Handwerksblatt 1979, Heft 14.
Nisbet, Robert: The Rape of Progress. In: Public Opinion, 1979, Vol. 2, No 3, S. 2–6.
Noelle-Neumann, Elisabeth: Keine großen Empfindungen, eher eine trockene Gelassenheit. Was Deutsche von den achtziger Jahren erwarten. In: FAZ, 1980, Nr. 3, S. 5.
Pestel, Eduard: Unsere Chance heißt Vernunft. In: Kölnische Rundschau, 1979/80, Nr. 303.
Pollard, William G.: A Theological View of Nuclear Energy. In: Nuclear News, February 1979, S. 79–83.
Renn, Ortwin: Kernenergie kontrovers. In: Energie, Jg. 31, Nr. 6, Juni 1979, S. 161–166.
Rovere, Richard: Nuclear Energy and Economic Growth. In: The New Yorker Magazine, 1978, S. 35–41.
Scheuch, Erwin K.: Bürgerinitiativen: Haben die Parteien versagt? Sendereihe: Fragen zur Zeit des Hess. Rundfunks, Mitschnitt vom 27. 3. 1977.
Siebert, Horst: Erschöpfbare Ressourcen. In: Wirtschaftsdienst, hrsg. vom Institut für Wirtschaftsforschung, 10, Hamburg 1979, S. 523–528.
ders.: Indikatoren der Knappheit natürlicher Ressourcen. In: Wirtschaftsdienst, hrsg. vom Institut für Wirtschaftsforschung, 8, Hamburg 1979, S. 409–416.
Tacke, Walter: Das Lebensgefühl der Deutschen. In: H. Geissler (Hrsg.): Optionen auf eine lebenswerte Zukunft. München und Wien, S. 163–223.
Wildenmann, Rudolf: Immergrün. In: Das Capital, 3, 1980, S. 85–89.

Über die Autoren

Dr.-Ing E. h. Erwin Anderheggen
bis 1976 Vorsitzender des Vorstandes der Saarbergwerke AG, Saarbrücken,
Ehrenmitglied National Coal Association Washington,
Vorsitzender des Internationalen Ausschusses für Kohleforschung

Professor Dr. rer. nat. Karl Heinz Beckurts
Vorsitzender des Vorstandes der Kernforschungsanlage Jülich GmbH,
Mitglied des Senats der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e. V.

Dr. Peter A. Engelmann
Mitglied des Vorstandes der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, zuständig für Projekte und Programme auf dem Energiegebiet.

Ministerialdirektor Dr. Ulrich Engelmann
Leiter der Abteilung Energiepolitik, mineralische Rohstoffe im Bundesministerium für Wirtschaft,
seit 1974 zusätzl. Bundesbeauftragter für den Steinkohlenbergbau

Professor Dr. phil. nat. Hermann Flohn
Meteorologisches Institut der Universität Bonn

Dr. Ulf Lantzke
Leitender Direktor der International Energy Agency, Paris

Direktor Professor Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Karl Heinz Lindackers
Stellvertretender Vorsitzender der Geschäftsführung und Leiter des Direktionsbereichs »Energiewirtschaft, Kerntechnik, Immissionsschutz und Unfallforschung«
TÜV Rheinland, Köln

Professor Dr.-Phil. Dipl.-Phys. Klaus Michael Meyer-Abich
Universität Essen, AG Umwelt, Gesellschaft, Energie (AUGE)
Vorsitzender der Vereinigung Deutscher Wissenschaftler (VDW),
Mitglied der Enquête-Kommission »Zukünftige Kernenergiepolitik« des Deutschen Bundestages.

Professor Dr. Hans Michaelis
Energiewirtschaftliches Institut der Universität Köln,
Generaldirektor e. h. der Kommission der Europäischen Gemeinschaften.

Dr. Walter C. Patterson
Internationaler Herausgeber des »Bulletin of the Atomic Scientists« und Berater der »Friends of the Earth Ltd.«

Dr. Peter Penczynski
Leiter der Abteilung Marketing und Energiewirtschaft bei der Kraftwerk Union AG, Erlangen

Professor Dipl.-Vw. Dr. rer. pol. Erwin K. Scheuch
Institut für Angewandte Sozialforschung der Universität zu Köln,
Vorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Soziologie

Professor Dr. rer. pol. Hans K. Schneider
Direktor des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität Köln,

Vorsitzender des Energie-Beirates der Landesregierung Nordrhein-Westfalen,
Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Wirtschaft,
Verwaltungsratsvorsitzender des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung.

Botschafter Omar Sirry
1975 bis 1978 Botschafter Ägyptens in Wien und gleichzeitig Ständiger Vertreter Ägyptens bei der IAEA und UNIDO,
seit 1978 Botschafter Ägyptens in Bonn.

Dr.-Ing. Bernhard Stoy
Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, Leiter der Abteilung Anwendungstechnik/Energietechnik

Alfred Voss
Kernforschungsanlage Jülich GmbH, seit 1977 Leiter der Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung.

Professor Dr.-Ing. Dres. h. c. Karl Winnacker
Vorsitzender des Aufsichtsrats der Hoechst AG,
Ehrenpräsident des Deutschen Atomforums e. V.

Anton Zischka

Kampf ums Überleben

Das Menschenrecht auf Energie
368 Seiten, gebunden und broschiert

»Anton Zischka versucht in diesem Buch die hochbrisante und emotional aufgeladene Diskussion über die Kernenergie zu versachlichen. Zischka macht deutlich, daß in einer Welt gegenseitiger Abhängigkeit nur weltweite Lösungen möglich sind. Ihm geht es dabei nicht um die Frage, ob jenes Kraftwerk gebaut werden soll oder nicht, sondern er fragt nach der Verfügbarkeit und Beherrschbarkeit über Kernenergie.«
Süddeutsche Zeitung

»Ein wichtiger Beitrag zur bisher vernachlässigten Aufklärung der Bürger über Grundfragen der Energietechnik und Energieversorgung.«
Chemie-Technik

ECON Verlag, Postfach 9229, 4000 Düsseldorf 1

Robert Gerwin

So ist das mit der Kernenergie
ECONiT
160 Seiten, 71 Farbfotos, broschiert

»Gerwin stellt die friedliche Nutzung der Kernenergie anschaulich dar; reichhaltige Farbillustrationen erleichtern dem technisch nicht Gebildeten das Verständnis.«
Handelsblatt

So ist das mit der Entsorgung
Was aus den verbrauchten Brennelementen der Kernkraftwerke wird
ECONiT
144 Seiten, zahlreiche Abbildungen, broschiert

»Mit der ihm eigenen, jederzeit klar verständlichen Darstellungsweise ist es dem Autor gelungen, einen Überblick über den nuklearen Brennstoffkreislauf zu schaffen, der für jeden Laien gut verständlich ist.«
Kernenergie und Umwelt

ECON Verlag, Postfach 9229, 4000 Düsseldorf 1

Karl Winnacker

Schicksalsfrage Kernenergie

288 Seiten, zahlreiche teils farbige Tabellen und Graphiken, gebunden

»Karl Winnacker bemüht sich, die in der Kernenergiediskussion heute aufgeworfenen Fragen und Problemkreise zu beantworten und zu behandeln. Zur Geschlossenheit der Darstellung trägt bei, daß in verständlicher Form auch die Reaktorenentwicklung vom Graphitreaktor bis zum Schnellen Brüter und darüber hinaus auch die Entwicklungen, die zu Fusionsreaktoren führen sollen, dargestellt werden. Ein Ausblick auf weitere Entwicklungen der Kernenergienutzung für Industrieprozesse beschließt das Buch, das einen hervorragenden Überblick gibt über den Stand, Stellenwert und Politik der heutigen industriellen Kernenergienutzung im Rahmen einer Weltenergiesituation, die durch Verknappungstendenzen, Preiserhöhungen und vor allem auch durch hohe Energiebedarfs-Zuwachsraten der an der Schwelle der Industrialisierung stehenden Länder gekennzeichnet ist. Kein Kerntechnisches Fachbuch, sondern eine klare und eindringliche Darstellung der Verflechtung der modernen Zivilisation mit der Energiedarbietung und der Abhängigkeit einer möglichen friedlichen Weiterentwicklung der Welt von der Sicherheit der Energieversorgung, bei der auf Kernenergie weltweit nicht verzichtet werden kann.«
Kernenergie und Umwelt

ECON Verlag, Postfach 9229, 4000 Düsseldorf 1

Karl Winnacker/Karl E. J. Wirtz

Das unverstandene Wunder

Kernenergie in Deutschland
450 Seiten, gebunden 38 DM

»Die beiden Professoren Winnacker und Wirtz gehören zu den Männern der ersten Stunde, die sich der friedlichen Nutzung der Kernenergie im Nachkriegsdeutschland verschrieben hatten. Ihr Buch verschweigt die mit der friedlichen Nutzung der Atomenergie verbundenen Probleme nicht. Es will die Bereitschaft zum Lernen, zur rationellen Diskussion fördern, statt emotionalem Schlagabtausch. Doch es kann nicht die urtümliche Angst des Menschen vor dem ›Atom‹ zum Verschwinden bringen. Was bleibt, ist ›eine Art Bewußtseinspaltung‹, wie die Autoren nicht ohne Resignation formulieren, in weiten Teilen der Welt, vor allem in den USA.«
Die Zeit

»Wer sich auf fundierte Informationen stützen will, sollte das Buch lesen, gleichgültig, wie seine Einstellung zur Kernenergie ist.«
Kerntechnik + Atompraxis

ECON Verlag, Postfach 9229, 4000 Düsseldorf 1